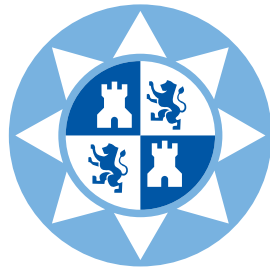


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Proyecto Fin de Carrera

**Desarrollo de una Aplicación para la
Realización de Medidas del Canal MIMO-
UWB en Interiores Basado en Sistemas De
Información Geográfica (SIG)**



AUTOR: Carlos San Emeterio Villalaín
DIRECTORES: Leandro Juan Llácer y
Concepción García Pardo
Septiembre 2011



Autor	Carlos San Emeterio Villalaín
E-mail del Autor	raianbronson@gmail.com
Director(es)	Leandro Juan Llácer y Concepción García Pardo
E-mail del Director	Leandro.juan@upct.es conchi.gpardo@upct.es
Codirector(es)	-----
Título del PFC	Desarrollo de una Aplicación Para La Realización De Medidas Del Canal MIMO-UWB En Interiores Basada En Sistemas De Información Geográfica (SIG)
Descriptores	MIMO, interiores, integración, ENA
Resumen <p>Hoy en día ya se ha podido demostrar con éxito la funcionalidad de los sistemas multi-antena MIMO, los cuales aparecieron para intentar optimizar un espectro radio el cual cada vez se está quedando más escaso.</p> <p>Estos sistemas MIMO proporcionan una alta eficiencia espectral, además de un crecimiento lineal del número de antenas usables, lo cual ha hecho que se haya abrazado esta tecnología y sea el presente y futuro de las comunicaciones móviles.</p> <p>Para desarrollar dispositivos MIMO es de vital importancia conocer el comportamiento del canal de propagación MIMO. Una forma de hacerlo es mediante la realización de medidas experimentales del canal y la posterior extracción de parámetros de interés.</p> <p>Este proyecto integra el potencial de un sistema MIMO, existente en el grupo Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMo), con un Sistema de Información Geográfica (en este caso ArcGIS), lo cual nos va a permitir asociar de una forma muy sencilla y automática un punto determinado de un mapa, con las medidas que hayamos realizado en ese mismo punto.</p>	
Titulación	Ingeniero de Telecomunicación esp. Telemática
Intensificación	Sistemas y Redes de Telecomunicación
Departamento	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)
Fecha de Presentación	Septiembre – 2011

Índice

Capítulo I	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS	3
1.3 CONTENIDO.....	5
Capítulo II	6
2.1 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) (1).....	6
2.1.1 ¿Qué es un Sistema de Información Geográfica?.....	7
2.1.2 Tipos de datos en un SIG	7
2.2 DESCRIPCIÓN BREVE DE ARCGIS	10
2.2.1 ¿Qué es ArcGIS?	10
2.2.2 ArcGIS Desktop	12
2.2.3 ArcMap	14
2.3 INTRODUCCIÓN A RADIOGIS.....	17
2.3.1 Gestión de Bases de Datos	18
Capítulo III	25
3.1 HARDWARE DEL SISTEMA DE MEDIDAS	25
3.1.1 Descripción detallada del equipo utilizado	26
3.1.1.1 Analizador de Redes (ENA) E5071B y Ampliación Multipuerto E5091A.	26
3.1.1.2 Conmutador Agilent 87406B	28
3.1.1.3 Controlador 11713A	28
3.1.1.4 Ordenador Portátil.....	29
3.1.1.5 Cable GPIB-USB.....	30
3.1.1.6 Cable Ethernet RJ45 directo	30
3.1.1.7 Transmisor y Receptor de Fibra Óptica ORTEL 3540	31
3.1.1.8 Cable de fibra óptica	31
3.1.2 Esquema de montaje del sistema	32
3.2 SOFTWARE DE MEDIDAS.....	33
3.2.1 Pasos previos	33
3.2.2 Software de medidas original.....	33
3.2.2.1 Ventana principal	33
3.2.2.2 Ventana principal de medidas	34

3.2.2.3	Ventana de configuración.....	37
3.2.2.3.1	Cambiar configuración	37
3.2.2.3.2	Cargar configuración	39
3.2.2.3.3	Guardar configuración.....	40
3.2.3	Modificaciones realizadas en nuestra adaptación	40
3.2.3.1	Parámetros	41
3.2.3.2	Otros	42
Capítulo IV	.....	43
4.1	INTRODUCCIÓN	44
4.2	INSTALACIÓN DEL SOFTWARE	44
4.3	VISIÓN GENERAL DEL SOFTWARE	47
4.4	EXPLICACIÓN DETALLADA DE LA BARRA DE HERRAMIENTAS	49
4.4.1	Base de Datos	49
4.4.1.1	Emplazamientos.....	49
4.4.1.1.1	Nuevo	49
4.4.1.1.2	Copiar	51
4.4.1.1.3	Consultar.....	52
4.4.1.1.4	Eliminar	54
4.4.1.2	Rutas	55
4.4.1.2.1	Nueva ruta	56
4.4.1.2.2	Consultar ruta	58
Capítulo V	.....	59
5.1	INTRODUCCIÓN	59
5.2	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RUTINA.....	60
5.3	SIMULACIÓN PASO A PASO DE UNA CAMPAÑA DE MEDIDAS	62
5.3.1	Calibración.....	69
5.3.2	Realización de las medidas	72
Capítulo VI	.....	78
6.1	CONCLUSIONES	78
6.2	LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO	80
Capítulo VII	.....	81
Anexo I	.....	84

Agradecimientos

Me gustaría agradecer la inestimable ayuda aportada a Dña. Concepción García Pardo, directora de este proyecto, la cual aguantó con paciencia algún momento que otro de desesperación por mi parte, y la cual me orientó con acierto en las varias decenas de dudas ocasionales que fueron surgiendo a lo largo del proyecto.

También quisiera dar las gracias a Don Leandro Juan Llácer, director de la ETSIT y director a su vez de este proyecto, por la ayuda prestada, por la orientación a la hora de retocar el software y por la esquematización facilitada para hacer este documento.

Por último quisiera agradecer a la UPCT en general, y la ETSIT en particular, la oportunidad que se me ha brindado de poder trabajar con soldadura en el laboratorio correspondiente prácticamente sin límite.

Capítulo I

Introducción y Objetivos



1.1 **OBJETIVOS**

Hasta ahora, cuando el grupo de investigación Sistemas de Comunicaciones Móviles de la UPCT (SiCoMO) [1] realizaba cualquier tipo de medida con tecnología MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), tenía que asociar a mano (con papel y lápiz) las medidas realizadas con el punto en donde se habían hecho. Esto resultaba un gran inconveniente ya que para procesos de múltiples medidas y puntos el tener que llevar una cuenta manual podía llegar a ser pesado y dar lugar a errores indeseados.

Por ello, nuestro objetivo es desarrollar una aplicación, la cual, aprovechándonos de las grandes capacidades que proporcionan los SiG (Sistemas de Información Geográfica), permita asociar de una forma totalmente intuitiva, automática y libre de papeles, las medidas realizadas con respecto a la ubicación en donde se lleven a cabo.

Para facilitar el manejo y control de nuestro proyecto, se decidió crear una barra de herramientas dependiente del Sistema de Información Geográfica ArcGIS (en nuestro caso ArcGIS 9.1), en lugar de crear una aplicación independiente. De esta manera nos beneficiamos de todas las características que nos brinda este entorno para el manejo de datos geográficos.

Si bien la barra proporciona varias funcionalidades que luego describiremos, la principal característica que lo define es el poder realizar rutas, con varios puntos donde hacer las medidas (de forma totalmente automática), y separar cada medida o medidas con respecto al punto donde se hayan hecho, quedando como resultado un proceso muy ordenado e intuitivo.

Asimismo, también se ha añadido un mecanismo el cual guía al usuario sobre como calibrar el ENA (Analizador de redes) en función del número de transmisores y receptores que se tengan, y guardar la calibración una vez hecha para su posterior uso. Esto resulta muy útil ya que cuando existen un elevado número de antenas el proceso de calibración puede llegar a ser lento, tedioso y confuso, cuando es un proceso de vital importancia para la correcta toma de las medidas.

1.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

1.2.1 Hardware

- Los principales dispositivos físicos empleados en la realización de este proyecto son:

- Analizador de redes Agilent ENA 5071B.
- Multipuerto Agilent ENA E5091A Multiport Test Set.
- Controlador Agilent 11713A Attenuator/Switch Driver.
- Conmutador Agilent 87406B.
- Transmisor y receptor de fibra óptica ORTEL 3540.

- Y al margen de la instrumentación principal, también se ha usado:

- Cable GPIB macho/USB Macho.
- Cable Ethernet RJ45 Directo.
- Antenas Eletro-Metrics EM-6116
- Cables coaxiales de 1,5m.
- Ordenador Portátil.
- Cable de fibra óptica.

- Todos estos instrumentos se encuentran detallados en el **capítulo 3**.

- Otros elementos necesarios han sido:

- Adaptadores de corriente para el ENA, Conmutador, Ordenador Portátil.
- Trípodes soporte para la colocación de las antenas.

1.2.2 Software

- Los programas que hemos utilizado en la realización de este proyecto son:

- Sistema de Información Geográfica ESRI ArcGIS 9.1 [2], del cual se ha usado la aplicación ArcMap, sobre la que está basada nuestro proyecto.
- RADIOGIS (UPCT), del cual se han adaptado parte de sus funcionalidades a nuestro proyecto.
- Software de medidas MIMO 1.0 [3] (Rafael Antonio Lucas Ávila), el cual se encarga de la rutina de medidas; el software ha sido adaptado a este proyecto prácticamente en su totalidad.
- Microsoft Visual Basic 6 [4], para el desarrollo y la programación de la aplicación.
- Sumatra PDF Reader [5], para leer toda la documentación proporcionada.

1.3 **CONTENIDO**

Este proyecto de final de carrera está dividido en 7 capítulos fundamentales.

En el **capítulo segundo**, se hace una introducción a los sistemas de información geográfica, de una forma amena y esencial, ya que nuestro proyecto no ahonda en las características más complejas de los SIG, sino que utiliza lo más esencial que los SIG pueden ofrecer. También explicaremos de una forma somera el software RADIOGIS, del que hemos adoptado parte de las funcionalidades.

En el **capítulo tercero**, se enumera cualquier hardware que se haya utilizado en la realización de este proyecto, incluyendo fotos. A continuación se detalla el software original de medidas para poder establecer la comparación entre el mismo y nuestra versión de dicho software. Se explicarán las similitudes y diferencias de una manera simple y sencilla.

En el **capítulo cuarto**, se explica y se detalla la integración entre el software de medidas y el SiG, más concretamente la barra de herramientas que conforma el proyecto en sí, comentando una por una todas las opciones de la misma, e incluyendo capturas a la vez que hablamos de cada opción.

En el **capítulo quinto**, explicamos paso a paso cómo se hace una medida en nuestro proyecto, incluyendo para ello capturas de cada paso, y añadiendo un diagrama de flujo para ayudar a la comprensión general de la rutina.

En el **capítulo sexto**, se hace una breve exposición de las conclusiones derivadas de este proyecto y de cuáles podrían ser las líneas futuras de desarrollo en este campo.

En el **capítulo séptimo**, se recogen las principales referencias bibliográficas empleadas en el desarrollo de este proyecto.

Por último, en el anexo, haremos un breve repaso al fichero de ayuda suministrado con el software del proyecto.

Capítulo II

Introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SiG)



2.1 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) (1)

2.1.1 ¿Qué es un Sistema de Información Geográfica?

Un Sistema de Información Geográfica (SIG, o GIS en su acrónimo inglés), es una colección organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión [7].

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

El Sistema de Información Geográfica separa la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales funciones de un Sistema de Información Geográfica son [8]:

- Entrada de datos.
- Output.
- Manipulación de los datos.
- Análisis

2.1.2 Tipos de datos en un SIG

Los Sistemas de Información Geográfica manejan fundamentalmente dos tipos de información: la información espacial o geográfica y la información descriptiva. A su vez, la información geográfica se puede almacenar de dos maneras: mediante formato raster o formato vectorial.

La información espacial o geográfica, describe la localización y la forma de diversas características geográficas (orografía, vías de comunicación, ríos, etc.) Estos datos se pueden almacenar en dos formatos: raster o vectorial:

- El formato raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas iguales donde cada una de ellas representa un único valor. Cuanto mayor sean las dimensiones de las celdas (la resolución), más precisión y detalle se va a perder en la representación del espacio geográfico.
- En el formato de datos vectorial, el objetivo se centra en la precisión de localización de los elementos sobre el espacio. Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres objetos espaciales: el punto, la línea y el polígono.

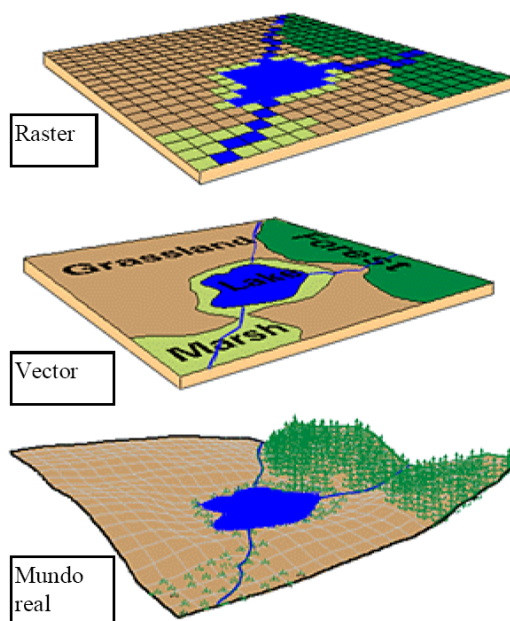


Figura 2.1. La geografía real a modelar (abajo); la información geográfica en formato vectorial (centro), y en formato raster (arriba).

La información descriptiva es aquella que suministra información geográfica (tipo de vía de comunicación, tipo de río, tipo de montaña...), o dicho de otra forma, la describe. Estos datos se almacenan mediante tablas de atributos, las cuales relacionan la información geográfica con la descriptiva mediante un identificador.



Figura 2.2. Tabla de atributos (información descriptiva) asociada a un Raster [9]

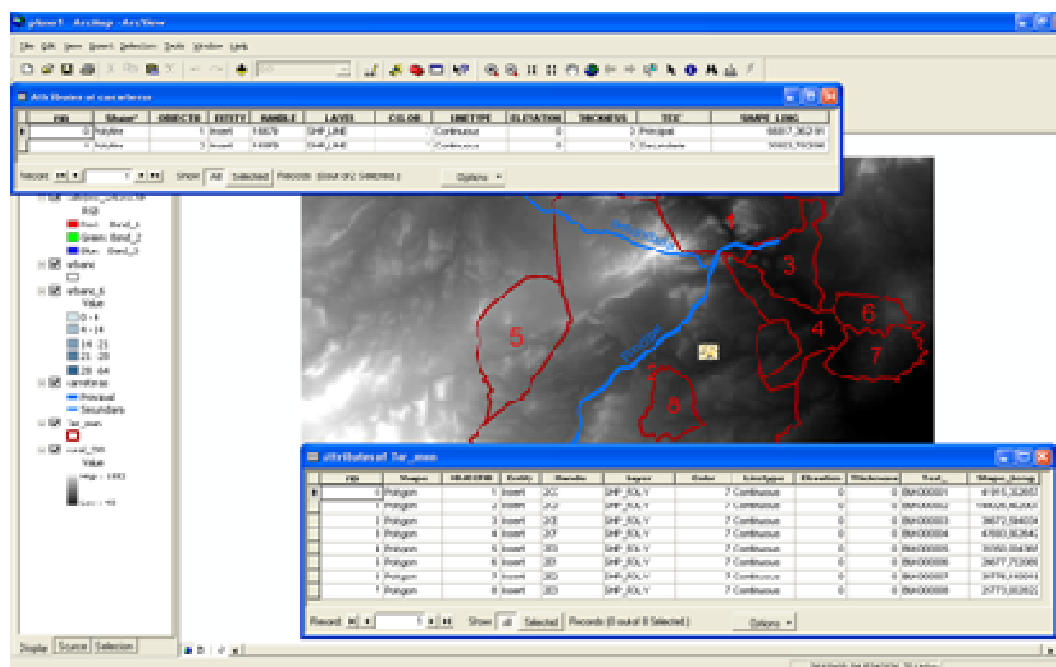


Figura 2.3. Tablas de atributos asociadas a la característica vectorial “Ter_mun” o “carreteras”.

En un SIG, podemos trabajar con diversas capas simultáneamente, describiendo cada una de ellas información geográfica asociada a tablas de atributos:

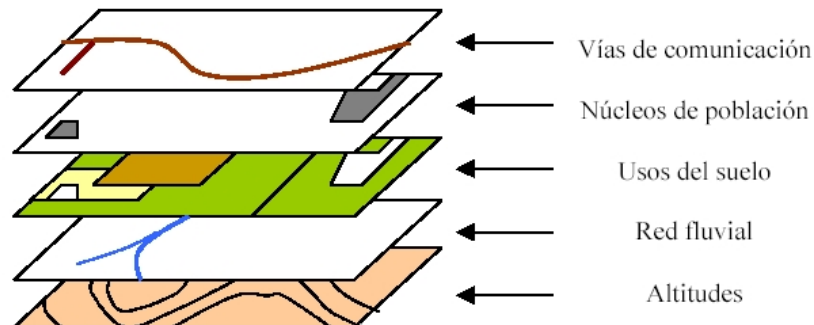


Figura 2.4. Diversas capas que representan diferentes características geográficas [10]

2.2 DESCRIPCIÓN BREVE DE ARCGIS

2.2.1 ¿Qué es ArcGIS?

ArcGis es un producto de ESRI que proporciona un marco general para implementar Sistemas de Información Geográfica para uno o varios usuarios en ordenadores, servidores, Internet, etc.

ArcGIS es una colección integrada de software GIS para construir un Sistema de Información Geográfica complejo. Se compone de cuatro partes: [11]

- *ArcGIS Desktop*: una suite integrada para aplicaciones GIS profesionales.
- *ArcGIS Engine*: componentes integrados (embebidos) para aplicaciones personalizadas.
- *Server GIS*: como su propio nombre indica, es un servidor de GIS.
- *Mobile GIS*: aplicaciones anteriores a adaptadas a TabletPC.

ArcGIS está basado en ArcObjects™, una librería modular común que comparten todos los componentes software del GIS. Incluye una gran gama de componentes programables, desde objetos como geometrías individuales, hasta mapas enteros que interactúan con documentos ArcMap. Los desarrolladores de GIS

tienen a su disposición la librería ArcObjects para crear plataformas alternativas de software GIS, basándose en los cuatro productos anteriormente comentados. En las figuras 2.5 y 2.6 se pueden ver más detalladamente todos estos productos.



Figura 2.5. ArcObjects es una librería común para los cuatro componentes ArcGIS [11]

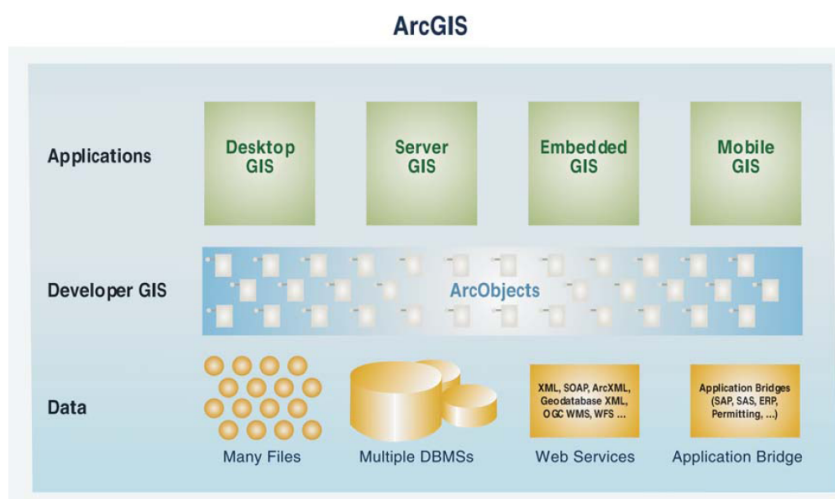


Figura 2.6. ArcObjects es empleado por desarrolladores GIS en conjunto con los otros cuatro productos [11]

En el desarrollo de este proyecto se ha trabajado exclusivamente con ArcMap, la cual es una parte del módulo ArcGIS Desktop, por lo cual vamos a describir brevemente ambos conceptos. Si el lector desea conocer más a fondo ArcGIS y sus productos puede consultar [11].

2.2.2 ArcGIS Desktop

ArcGIS Desktop incluye una suite de aplicaciones integradas: ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe y ArcToolbox. Usando estas aplicaciones e interfaces en conjunto, se puede ejecutar cualquier tarea GIS por simple o avanzada que ésta sea, incluyendo mapeo, análisis geográfico, edición y compilación de datos, visualización y geoprocresamiento.

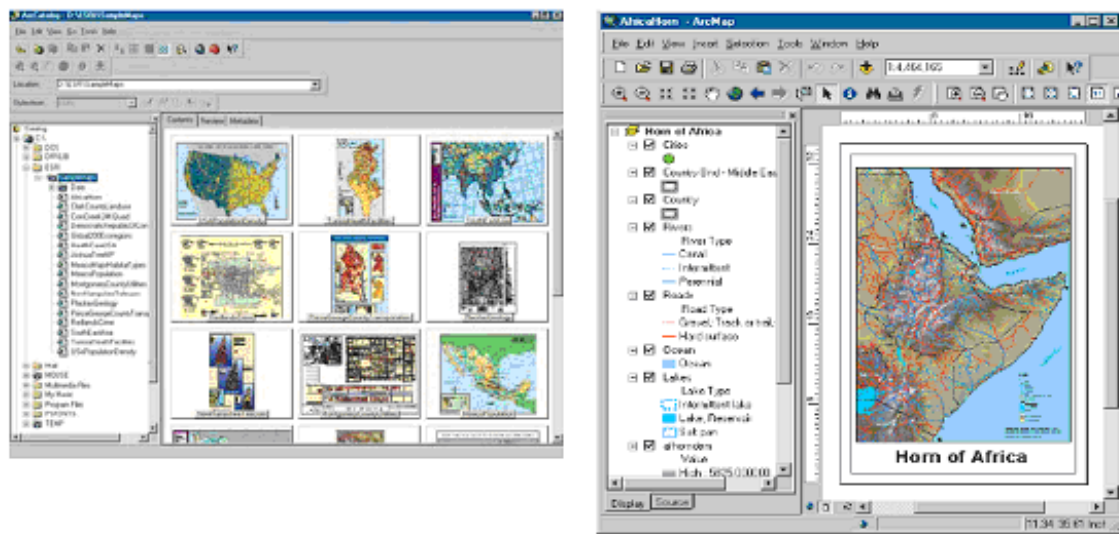


Figura 2.7. ArcCatalog y ArcMap [11]

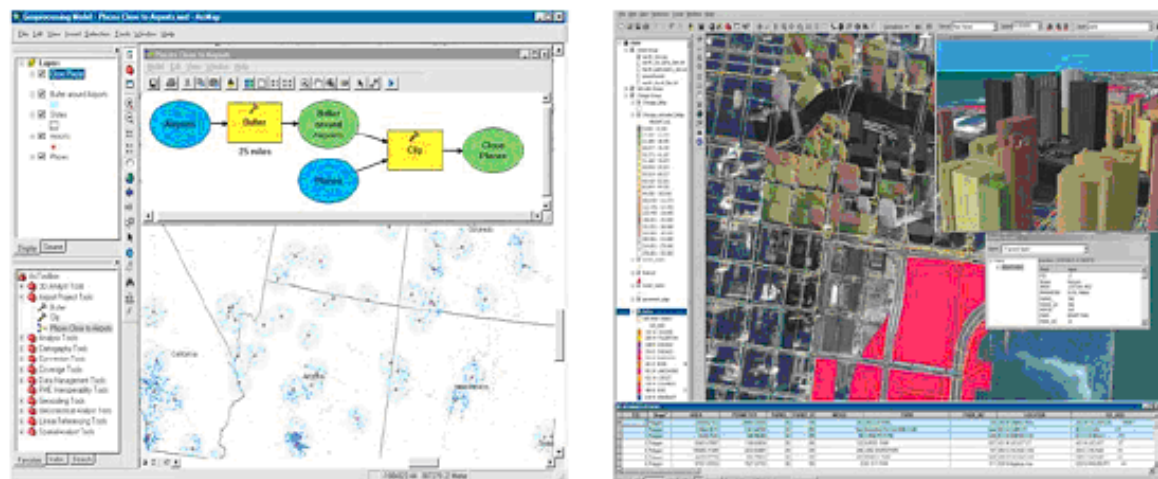


Figura 2.8. ArcToolbox y ArcGlobe (herramienta) [11]

ArcGIS tiene varios niveles, en función de las necesidades del usuario:

- *ArcView*: es el nivel más bajo, enfocado al uso comprensivo de los datos, mapeo, y análisis de datos.

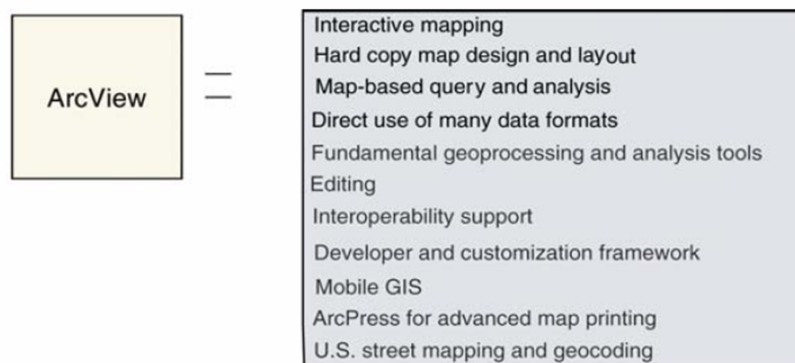


Figura 2.9. Funcionalidades de ArcView [11]

- *ArcEditor*: incluye capacidades para de edición de datos para archivos shapefile y geodatabases además de la completa funcionalidad de Arcview.

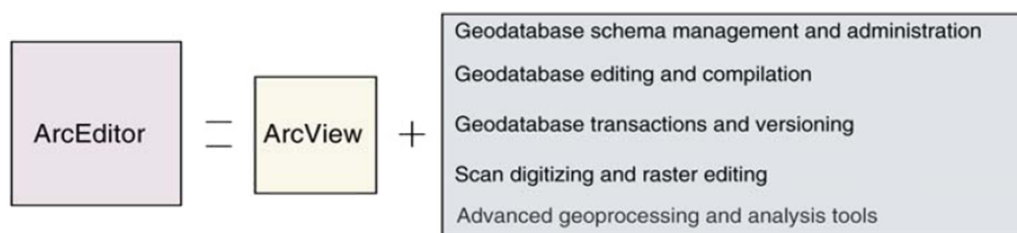


Figura 2.10. Funcionalidades de ArcEditor [11]

- *ArcInfo*: es el producto ArcGIS Desktop con completa funcionalidad. Incluye además de ArcView y ArcEditor, funcionalidades para geoprocesamiento avanzado.



Figura 2.11. Funcionalidades de ArcInfo [11]

En este proyecto se ha utilizado como ya hemos comentado ArcMap, así que vamos a pasar a explicar brevemente este software.

2.2.3 ArcMap

ArcMap es la aplicación central de ArcGis Desktop para trabajos basados en mapas, incluyendo cartografía, análisis de mapas, y edición. La interfaz gráfica de este software se muestra a continuación:

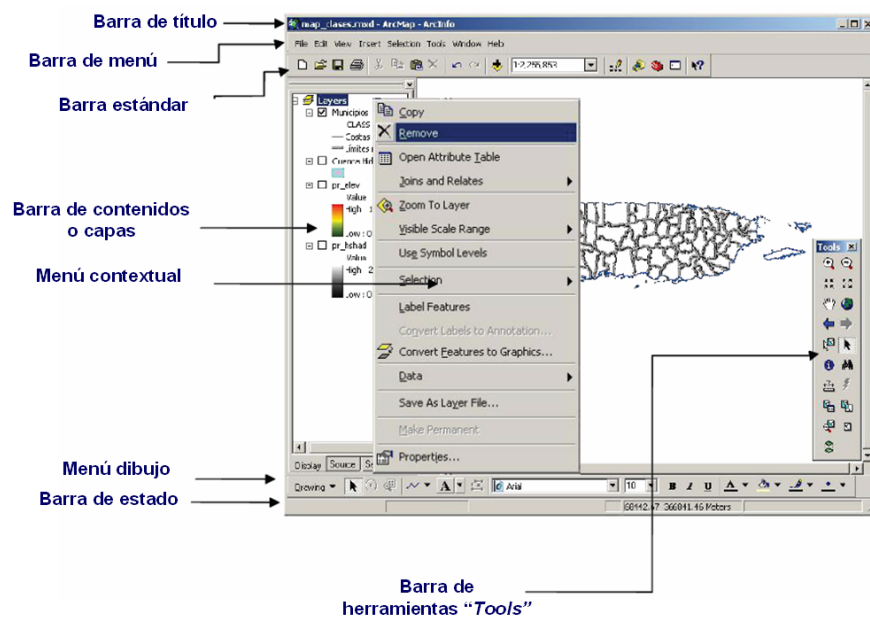


Figura 2.12. Interfaz gráfica de ArcMap.

El software ofrece dos tipos de vistas de mapas: *Data View* y *Layout View*. La primera de ellas muestra, hace cambios, introduce datos, hace búsquedas geográficas en las tablas de atributos. Por su parte, la vista *Layout View* es la interfaz gráfica que sirve para producir mapas y gráficas. En las figuras 2.13 y 2.14 se muestran respectivamente estas dos interfaces.

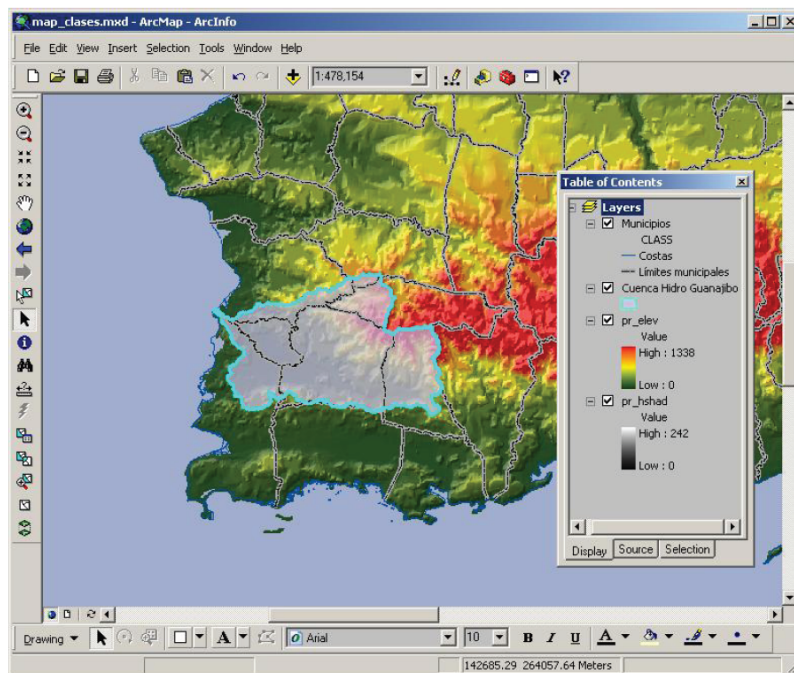


Figura 2.13. Interfaz Data View

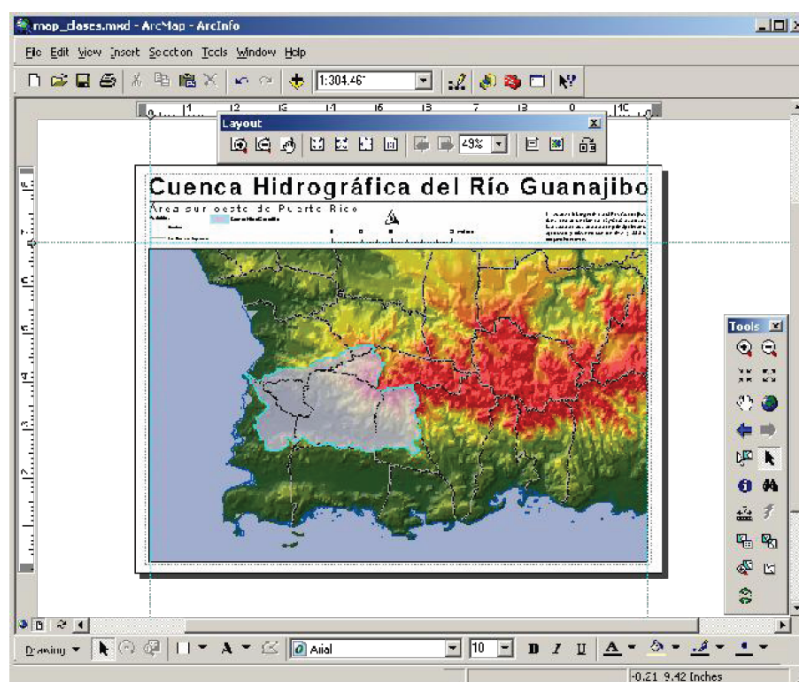


Figura 2.14. Interfaz Layout View

ArcMap presenta varios tipos de información a la vez acerca de un área. Es decir, un mapa puede contener capas y al mismo tiempo, en cada capa se emplean símbolos para dibujar, los cuales se denominan *features*.

ArcMap proporciona varias formas de interactuar con mapas:

- *Exploración*: visualizar y explorar mapas así como la relación entre las diferentes *features* en el mapa.
- *Análisis*: crear nueva información añadiendo capas al mapa.
- *Presentación de resultados*: permite imprimir mapas, añadirlos a documentos, etc. Es decir, manipulación de mapas para su visualización en distintos formatos.
- *Personalización (Custom)*: Se pueden crear mapas que posean exactamente las herramientas que el usuario necesita, con el objetivo de hacer más rápido el trabajo. Se puede personalizar la interfaz de ArcMap añadiendo herramientas a las barras ya existentes o barras de herramientas propias. Con este objetivo, ArcMap incluye un editor de Visual Basic® for Applications, aunque también se pueden programar con un editor de Visual Basic independiente y luego añadirlas a ArcMap.

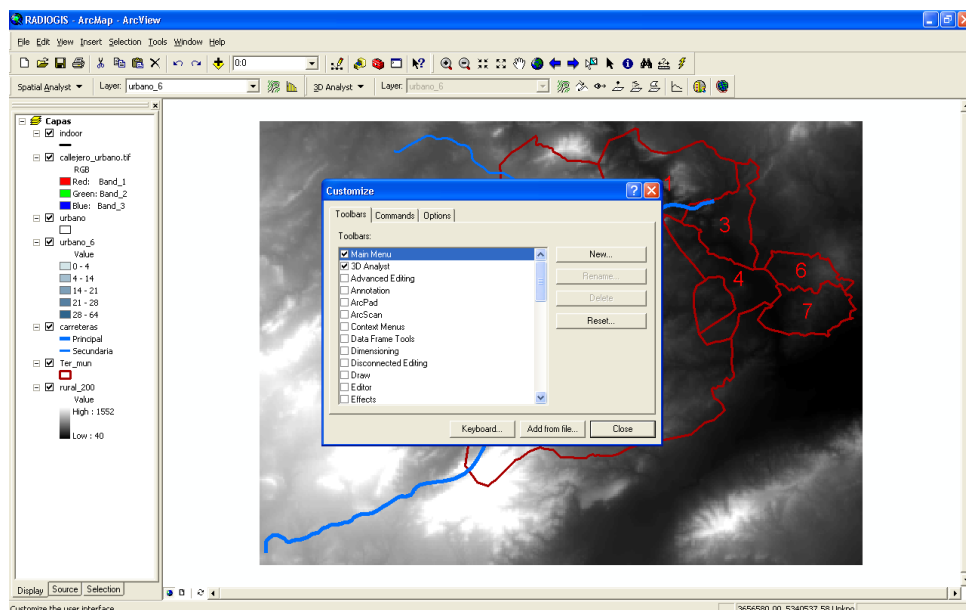


Figura 2.15. Adición de nuevas herramientas a ArcMap.

- *Programación*: Se pueden construir interfaces completamente nuevos para interactuar con mapas y crear nuevos tipos de *features*. Para ello se emplean lenguajes de programación COM (Microsoft Component Object Model).

Para más información acerca del funcionamiento de ArcMap diríjase al manual de ArcGIS *Getting Started With ArcGis* [12] y para conocer más acerca de cómo personalizar el entorno ArcMap con herramientas propias puede consultar los manuales *Exploring ArcObjects: Vol.1-Application and Cartography* [13] y *Exploring ArcObjects: Vol.2 – Graphics Data Management* [14].

2.3 **INTRODUCCIÓN A RADIOGIS**

RADIOGIS es una herramienta para el cálculo y gestión de coberturas radioeléctricas desarrollado en el grupo de investigación Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMO) [1] de la Universidad Politécnica de Cartagena. Esta herramienta está basada en el GIS ArcView de ESRI y, por tanto, entre otras funcionalidades, es capaz de almacenar las coberturas radioeléctricas como si de un mapa más se tratase, además de facilitar la creación, almacenamiento y gestión de todos los parámetros que intervienen en la planificación de sistemas de radiocomunicación. Esta herramienta se ha implementado en entorno PC bajo Windows. El lenguaje de programación que se utiliza es Visual Basic sobre el GIS ArcView 9.1, empleando programas en C++ para implementar los modelos de propagación para el cálculo de cobertura radioeléctrica [15].

En la figura 2.16 puede verse el aspecto general de RADIOGIS.

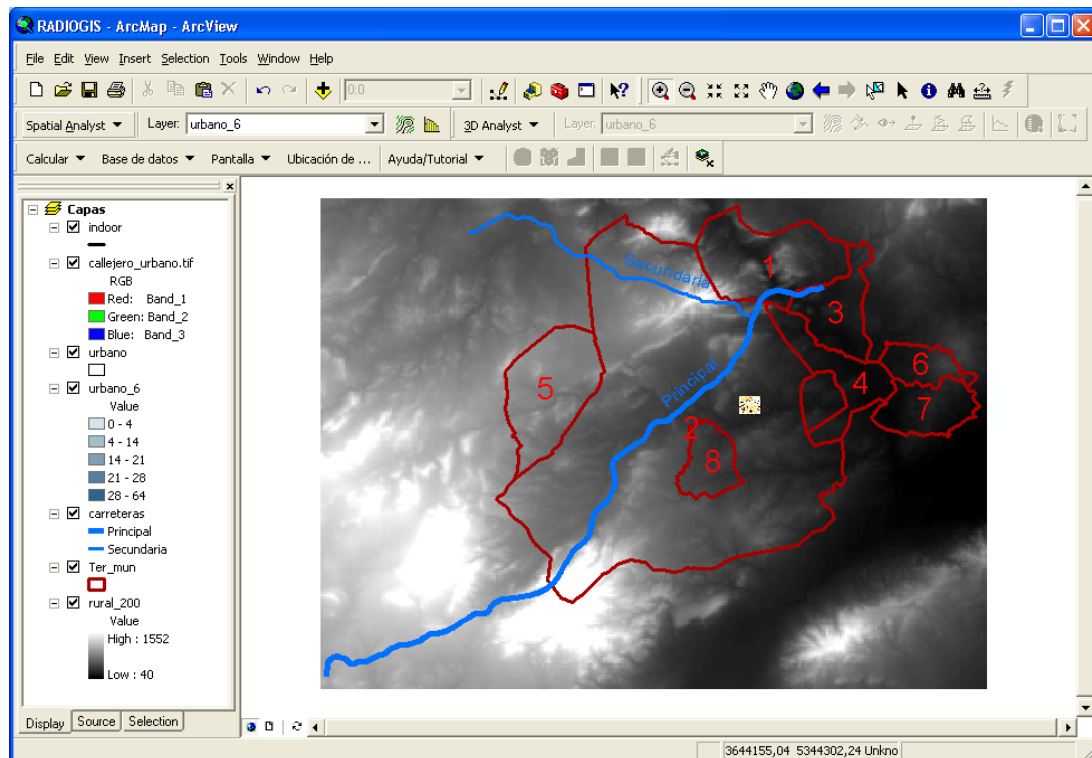


Figura 2.16. Aspecto general de RADIOGIS.

Ahora procedemos a explicar la gestión de base de datos, que se compone de una serie de funcionalidades, de las cuales algunas han sido traspasadas a nuestro proyecto. Por razones de no añadir información adicional innecesaria, obviemos la sección de cálculo de potencias y de sistemas de potencias, ya que no tuvieron ninguna repercusión ni propósito en nuestro proyecto.

2.3.1 Gestión de Bases de Datos

RADIOGIS incluye funciones de gestión de bases de datos de emplazamientos, coberturas radioeléctricas, sistemas de potencia, mejores servidores, cálculos de porcentajes de cobertura y campañas de medidas. En todas las bases de datos la herramienta introduce las opciones “crear”, “copiar” y “eliminar”, además de algunas otras particulares para cada una de las bases de datos. Este menú se puede observar en la figura 2.17.

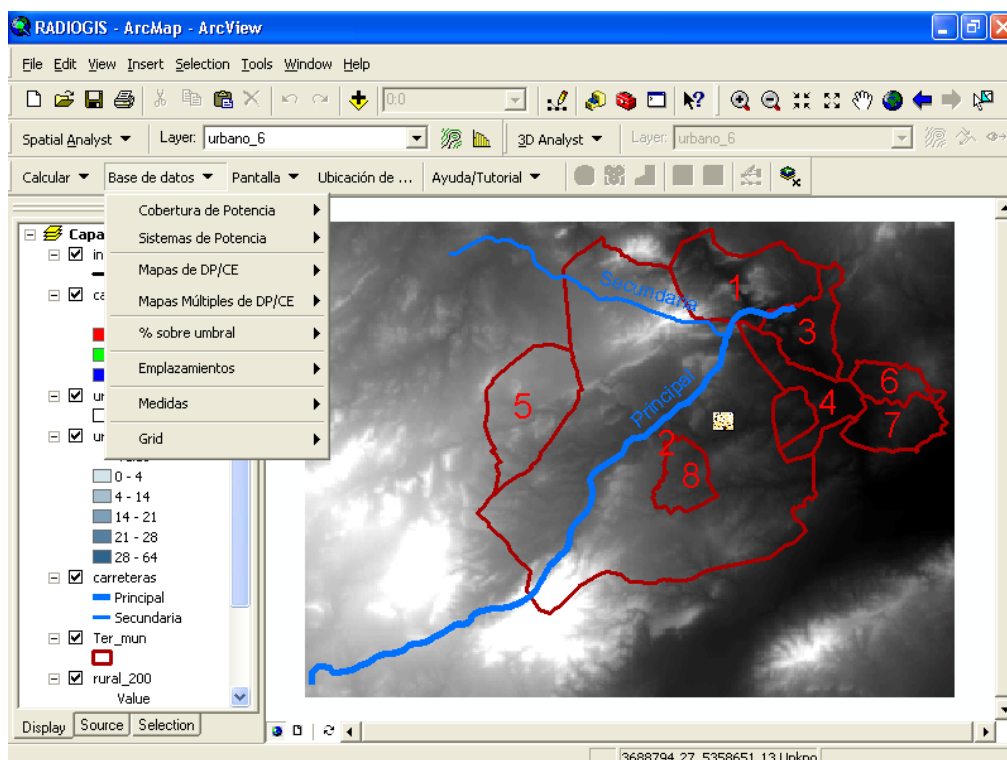


Figura 2.17. Menú Base de Datos.

En el caso de la **base de datos de emplazamientos**, el usuario, además de emplazamientos individuales (para cada emplazamiento se genera una capa vectorial con su tabla de atributos asociada que contiene información relativa a la posición geográfica, etc.), puede definir grupos de emplazamientos aprovechando las estructuras de datos que ofrece ArcView, como se observa en la figura 2.18. Las funcionalidades de esta base de datos fueron las únicas que se traspasaron a nuestro proyecto ya que fueron las únicas que realmente hacían falta (era necesario poder crear y gestionar emplazamientos de forma independiente para no tener que depender del propio RADIOGIS).

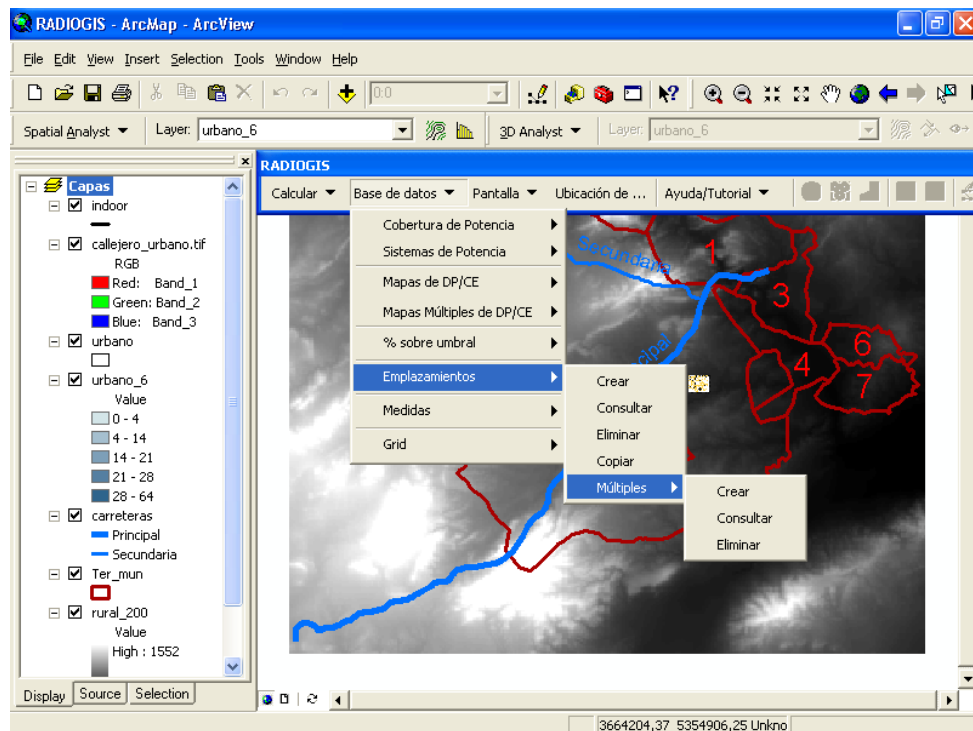


Figura 2.18. Base de datos de emplazamientos.

Ahora detallaremos el resto de base de datos para completar la explicación, aunque ninguna de las siguientes fueron utilizadas en la realización de nuestro proyecto.

La **base de datos de coberturas radioeléctricas**, que se muestra en la *figura 2.19*, contiene registros con las distintas coberturas radioeléctricas calculadas y almacenadas. Cada cobertura radioeléctrica tiene asociada una estructura de tipo raster donde se almacenan los valores de potencia para cada una de las celdas de la zona donde se ha calculado la cobertura y una estructura de tipo vectorial (*figura 2.20*) cuya tabla de atributos contiene información relativa a los parámetros que se han utilizado durante la simulación (PIRE, Sensibilidad del receptor, frecuencia, diagrama de radiación de las antenas, orientación del diagrama, modelo de propagación, etc.

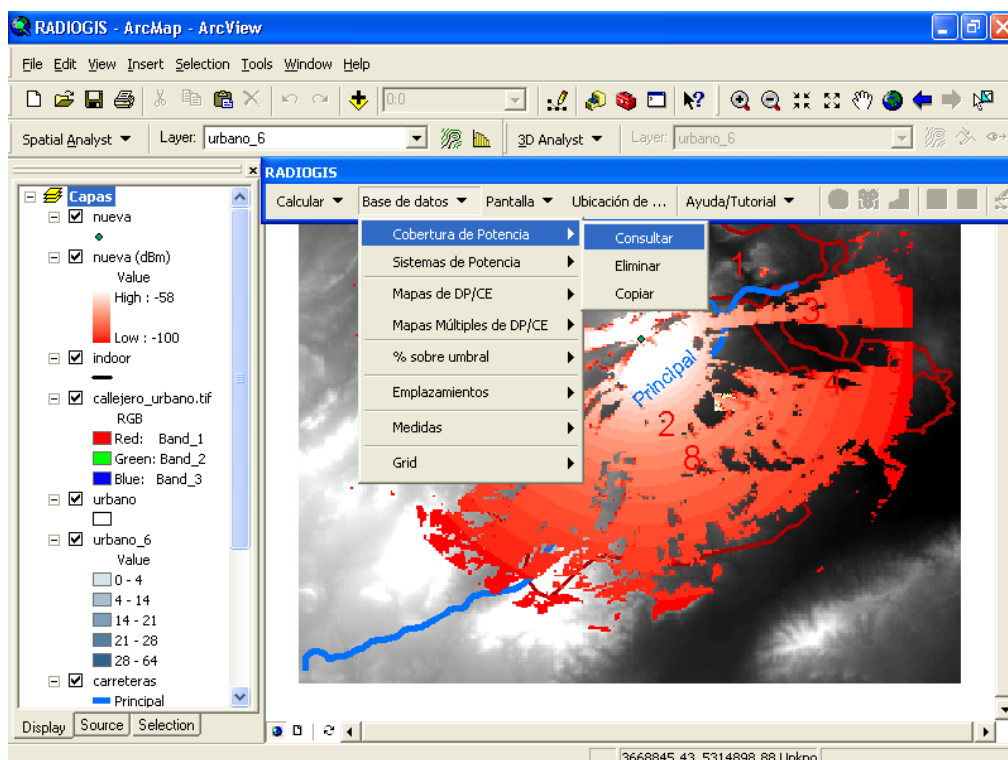


Figura 2.19. Cobertura consultada en base de datos de coberturas.

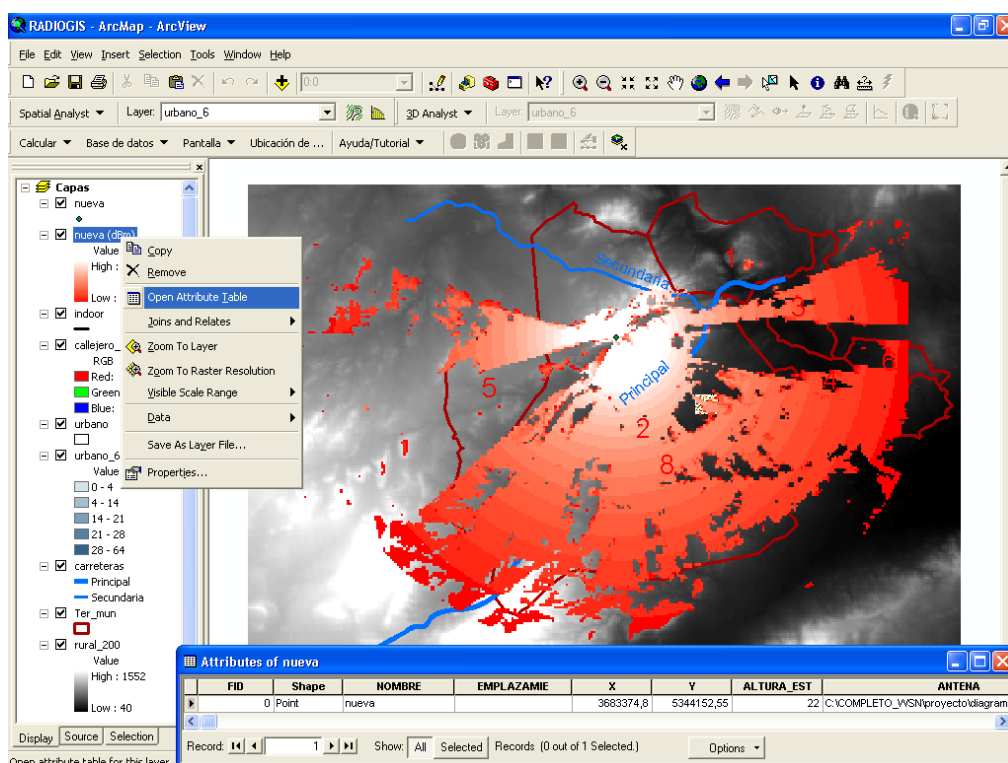


Figura 2.20. Tabla de atributos que almacena los parámetros con los que se almacenó la cobertura.

La **base de datos de sistemas de potencia** tiene una estructura semejante a la base de datos de coberturas. Por un lado disponemos de un *raster* donde se almacenan los valores de potencia y por otro lado las capas vectoriales correspondientes a cada una de las coberturas que intervienen en el sistema, cuyas tablas de atributos contienen los parámetros que se han utilizado durante el cálculo de cada cobertura individual. En la siguiente figura se muestra un sistema de potencia consultado en esta base de datos.

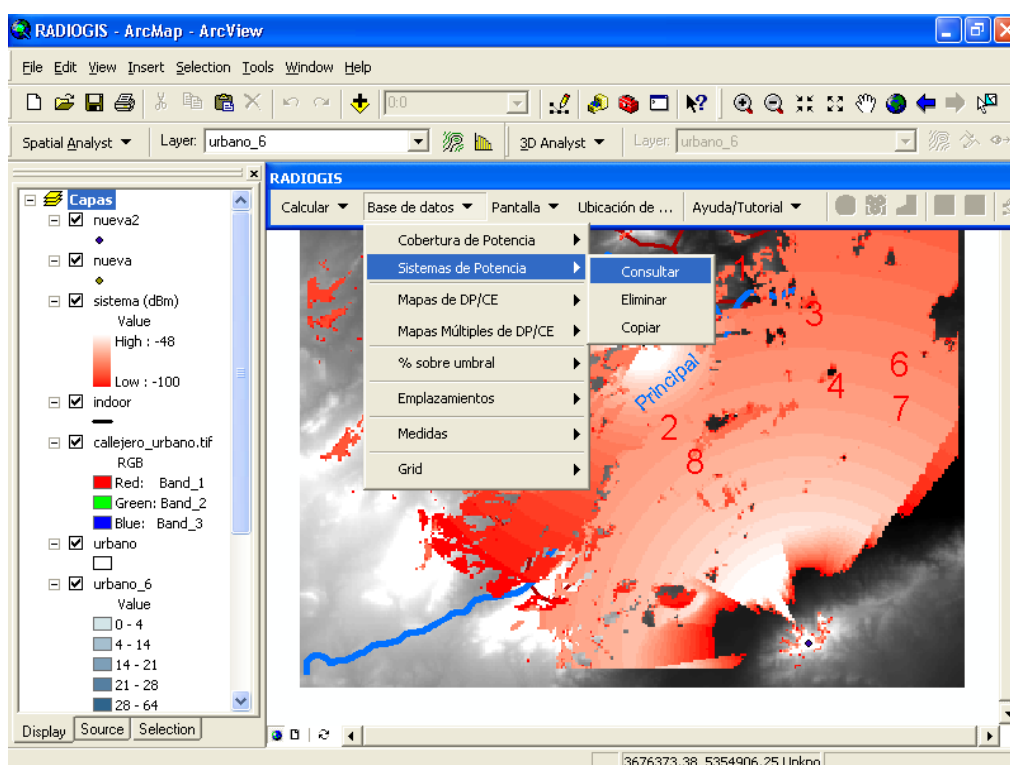


Figura 2.21. Sistema de potencia consultado en base de datos de sistemas.

Al igual que para coberturas de potencia, existen una **base de datos de densidad de potencia** y otra **base de datos de mapas múltiples de densidad de potencia**. Ambas tienen la misma estructura y las mismas opciones que las coberturas simples y los sistemas de cobertura de potencia, respectivamente.

En la siguiente figura se muestra la **base de datos de porcentajes**, la cual dispone de un registro de los cálculos que el usuario realice para determinar el grado (porcentaje) de cobertura que se dispone en una determinada zona (término municipal, carretera nacional, círculo, etc). Cada mapa de porcentaje es un *raster* en el que los valores posibles de las celdas son 1 si hay cobertura o 0 si no hay cobertura. Además

de este *raster*, cada porcentaje tiene asociado diversas gráficas obtenidas a partir de los resultados calculados.

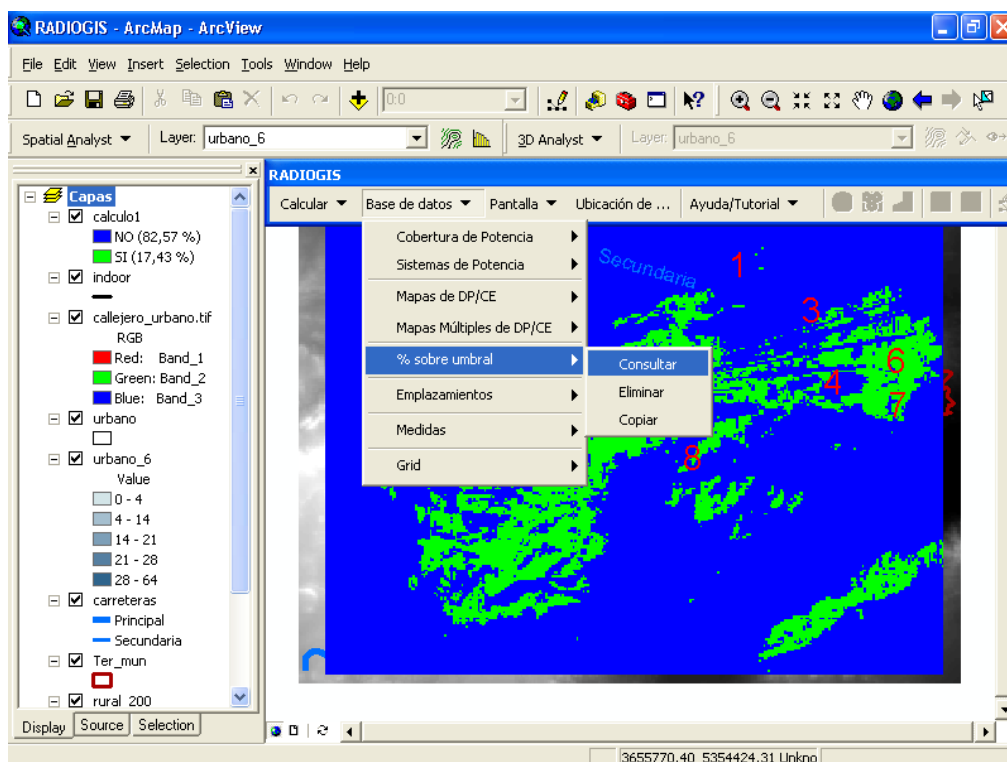


Figura 2.22. % Sobre umbral consultado en su base de datos.

Por último, cabe indicar que RADIOGIS también dispone de una **base de datos de medidas**, la cual se puede ver en la figura 2.23, y cuyos registros se guardan en formato de ficheros con extensión .dbf importables y editables desde la herramienta. La consulta de estas campañas de medida permite al usuario tener una visión espacial del trayecto recorrido durante la elaboración de la campaña, así como los valores de potencia, pérdidas, etc. en cada punto de medida.

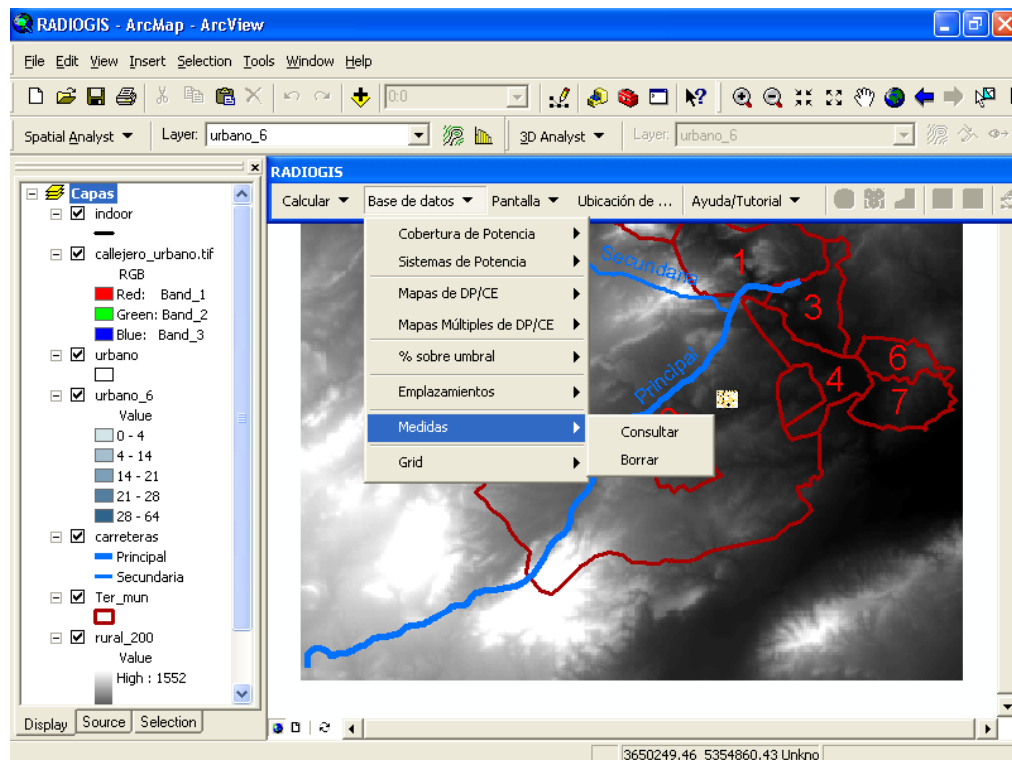


Figura 2.23. Base de datos de medidas.

Capítulo III

Hardware y software del sistema de medidas



3.1 HARDWARE DEL SISTEMA DE MEDIDAS

3.1.1 Descripción detallada del equipo utilizado

En este apartado vamos a tratar con detalle todos los elementos que se han usado a la hora de realizar los procesos de captación de medidas procedentes de nuestro software.

3.1.1.1 *Analizador de Redes (ENA) E5071B y Ampliación Multipuerto E5091A.*

El analizador de redes (ENA) E5071B, fabricado por Agilent Technologies [16], es un instrumento que sirve para caracterizar con precisión los dispositivos de RF en un amplio rango de frecuencias seleccionable por el usuario y en distintos formatos.

El ENA satisface la necesidad de los ingenieros para caracterizar el comportamiento de componentes pasivos y activos con velocidad, exactitud y en un amplio espectro de frecuencias. Lo utilizaremos para medir la magnitud y la fase de la señal recibida. A partir de dichos datos y utilizando programas auxiliares podremos generar la matriz H (matriz que contiene todos los impulsos de los transmisores hacia los receptores) que caracteriza al sistema MIMO.



Figura 3.1. El analizador E5071B, en sus versiones de 2,3 y 4 puertos.

La serie E5071B lleva utiliza como sistema operativo Microsoft Windows 2000 Professional, el cual, además de proporcionar una seguridad y estabilidad superiores, también está adaptado a entornos de red, lo cual nos permite que estos instrumentos se conecten a la red como cualquier otro hardware de oficina, industrial, etc.

Para aumentar la funcionalidad del ENA, utilizamos un sistema multipuerto (E5091A), el cual nos añade varios puertos adicionales para casos en los que se necesita un número de antenas entre 2 y 4.



Figura 3.2. Multipuerto E5091A.

Finalmente el conjunto de ENA+Multipuerto tiene este aspecto:



Figura 3.3. ENA 5071B y Multipuerto E5091A [17].

En este montaje, el puerto 1 del ENA emite la señal de transmisión, la cual es conmutada en el conmutador entre las antenas transmisoras que haya. Las antenas receptoras van conectadas directamente al multipuerto.

3.1.1.2 Conmutador Agilent 87406B

El conmutador de estado sólido Agilent 87406B proporciona la durabilidad y fiabilidad necesaria para la realización de medidas, tests automatizados, monitorización de señales y las aplicaciones de enrutado. Ha sido diseñado para funcionar más de 10 millones de ciclos. Las pérdidas por repetición son mínimas y reduce al máximo los errores. Dispone de 6 puertos para la selección de señal y su misión es la de conmutar la entrada proveniente del receptor de fibra óptica entre las cuatro antenas. La misión del conmutador es conmutar la señal transmisora entre todas las antenas que vayan a actuar de transmisoras.



Figura 3.4. Conmutador Agilent 87406B.

3.1.1.3 Controlador 11713A

El controlador se encarga de dirigir el conmutador dando las órdenes para que éste conmute entre las distintas salidas disponibles.

Este aparato dispone de dos formas diferentes de control. Por un lado se puede manejar pulsando los botones correspondientes a cada salida, o bien se puede controlar de manera remota mediante software, aunque para ello necesitamos un cable conectado vía GPIB [18] al controlador, y vía USB a un ordenador portátil.

Antiguamente utilizaríamos el control manual a la hora de hacer la calibración, cambiando manualmente los distintos canales de comunicación, y el control remoto a la hora de hacer las medidas. Sin embargo, gracias a nuestro proyecto ambos conceptos se pueden llevar a cabo de forma remota, gracias a la rutina de calibración guiada que incorpora el mismo. Esta rutina junto con el resto del proyecto se explica en los **capítulos 4 y 5**.



Figura 3.5. Controlador Agilent 11713A.

Como podemos apreciar en la figura, existen dos grupos de botones, X e Y. Esto se debe a que el controlador es capaz de manejar dos conmutadores a la vez (aunque no es nuestro caso). El cable del puerto X se conecta al conmutador del estado sólido para configurar el dispositivo como se ha indicado anteriormente.

3.1.1.4 Ordenador Portátil

El ordenador portátil es una pieza básica en el funcionamiento del sistema ya que actúa como núcleo, indicando las órdenes a todos los elementos del sistema, manteniéndolos sincronizados, y es donde reside el software utilizado.



Figura 3.6. Ordenador portátil.

3.1.1.5 Cable GPIB-USB

Este ha sido el cable utilizado para asociar el controlador con el ordenador portátil. La parte GPIB va conectada al controlador, y la parte USB va conectada al portátil.



Figura 3.7. Cable GPIB-USB

3.1.1.6 Cable Ethernet RJ45 directo

Este cable lo hemos utilizado para conectar el ENA al ordenador portátil, lo cual resultaba esencial para poder transmitir las órdenes de un lado a otro.



Figura 3.8. Cable Ethernet RJ45

3.1.1.7 Transmisor y Receptor de Fibra Óptica ORTEL 3540

Los transmisores DFB proporcionan un comportamiento excepcional en las comunicaciones de fibra óptica en aplicaciones que requieren grandes anchos de banda.

Permite transmitir señales de RF con sus características originales intactas en grandes rangos de frecuencia proporcionando grandes mejoras en la transmisión de señales. El transmisor ORTEL 3540 es básicamente un conversor de señal de radiofrecuencia a señal óptica. Posee un láser basado en el semiconductor InGaAsP, del tipo DFB (distributed feedback), trabajando a 1300 nm. Preparado para operar con fibra monomodo, posee sensores internos de temperatura para regular el nivel de potencia óptica a la salida. Admite una entrada de radiofrecuencia como máximo de 5 GHz, teniendo además una impedancia de entrada de 50 Ω .

El receptor posee un fotodiodo que permite la conversión de la señal óptica a radiofrecuencia.



Figura 3.9. ORTEL 3540

3.1.1.8 Cable de fibra óptica

Para interconectar el ENA con el equipo de transmisión, hemos utilizado un cable de fibra óptica monomodo de 50 metros de longitud. Siendo sus pérdidas de 0.3dB/km.

3.1.2 Esquema de montaje del sistema

A continuación incluimos un pequeño esquema que resume el montaje entero en el que se realizó y testeó el proyecto.

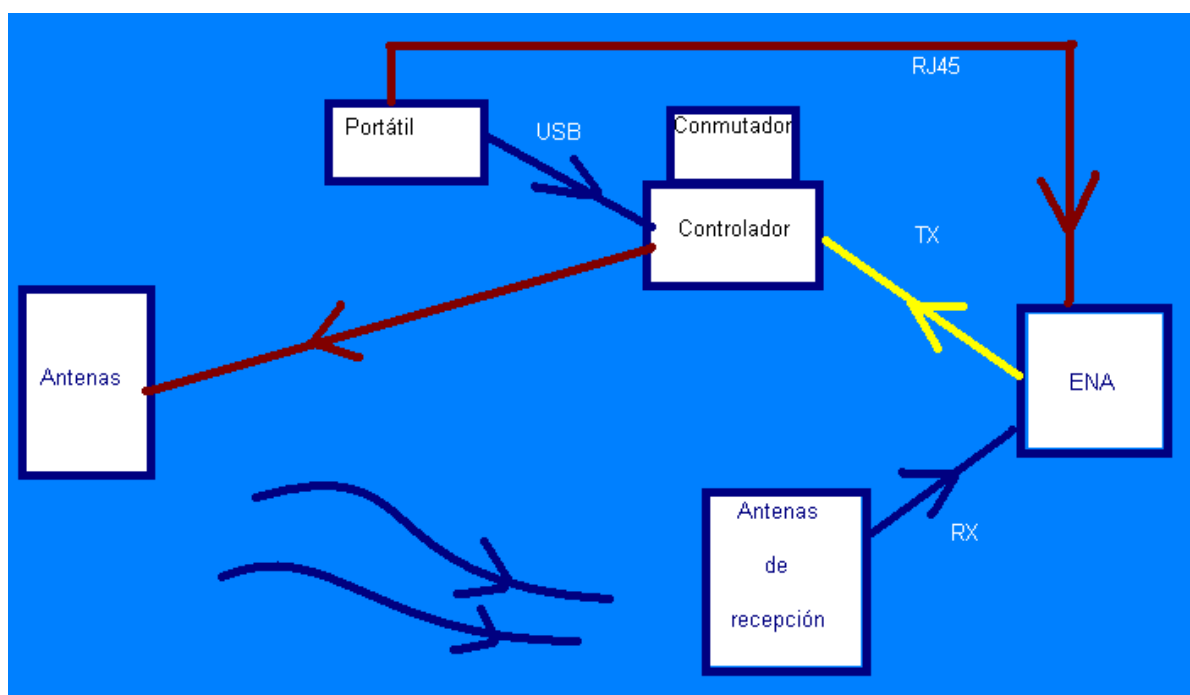


Figura 3.10. Esquema de montaje del sistema.

Como podemos observar, del ENA parte un único cable de transmisión, el cual, al pasar por el conmutador, puede bifurcarse para poder transmitir desde más de una antena (hasta 4 antenas). Para ello, conectaríamos el cable de transmisión al puerto 6 del conmutador, y conectaríamos los cables que queremos usar en las antenas en los puertos 1-4.

Para la recepción, nos aprovechamos del multipuerto del ENA, el cual nos permite tener hasta 4 antenas receptoras, las cuales van conectadas mediante cable a dicho aparato.

Por último, nuestro portátil que es el que controla todo el proceso, va conectado como ya hemos comentado vía USB al controlador, y vía cable de Ethernet RJ45 al ENA.

3.2 SOFTWARE DE MEDIDAS

3.2.1 Pasos previos

Antes de poder utilizar con éxito el software de medidas (tanto el original como el de este proyecto), era necesario instalar el software que se detalla a continuación:

- **Microsoft Visual Basic 6**, para evitar problemas de drivers que faltan por instalar.
- **Librerías de Agilent v. M 01.01.04 [19]**, las cuales eran imprescindibles porque en caso de no estar presentes no se reconocería el controlador ni el ENA, haciendo la comunicación entre ellos imposible. Las librerías vienen en un archivo de instalación .exe normal, que se pueden descargar de Internet, aunque en nuestro caso fueron suministradas por la directora.
- **Drivers de tarjeta de red Ethernet**, es vital tener la tarjeta Ethernet bien configurada y activa para poder haber comunicación entre el portátil y el ENA.

3.2.2 Software de medidas original [3]

En este apartado vamos a comentar las funcionalidades del software de medidas que hemos utilizado como base (creado por Rafael Lucas), y posteriormente analizaremos una serie de modificaciones que hemos realizado a la hora de adaptar este software a nuestro proyecto.

3.2.2.1 *Ventana principal*

Esta sencilla ventana sólo ofrece dos opciones, o bien pulsar **Continuar** y acceder al programa en sí, o bien pulsar **Ayuda** y acceder a la ayuda de este software.



Figura 3.11. Ventana principal.

3.2.2.2 Ventana principal de medidas

Esta ventana es el núcleo principal del software, ya que aquí es donde residen las principales funcionalidades y opciones, tales como iniciar la rutina de medidas, o cambiar el número de repeticiones. A continuación tenemos una visión general de esta ventana:

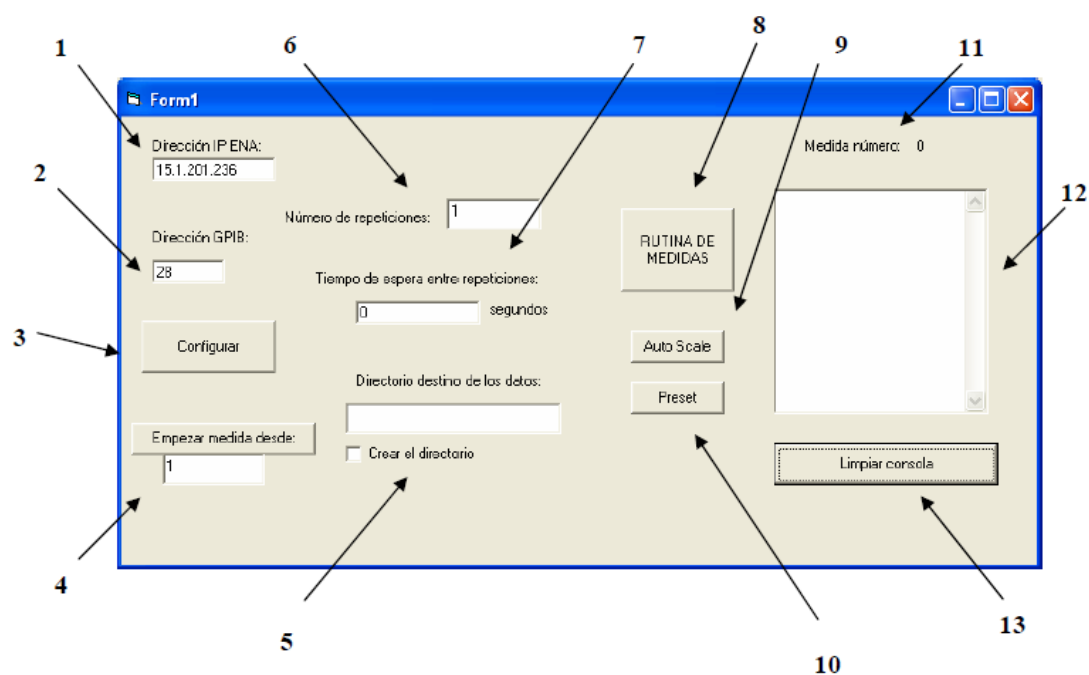


Figura 3.12. Ventana principal.

1. Dirección IP ENA:

Indica la dirección IP del analizador de redes ENA que estamos utilizando en nuestro sistema de medidas.

2. Dirección GPIB:

Aquí se indica la dirección del GPIB que está conectado al controlador, el cual que administra al conmutador.

3. Configurar:

Este botón nos lleva hacia la ventana de configuración, la cual la veremos con detenimiento en el siguiente apartado.

4. Empezar la medida desde:

Este botón sirve para indicar el número asociado a la medida que vamos a realizar a continuación. Esto es muy útil a la hora de realizar medidas, ya que si por algún imprevisto una de las medidas realizadas debe ser descartada (por ejemplo presencia de viandantes a la hora de realizar la medida), tenemos la posibilidad de sobrescribir esta medida y volverla a realizar indicando al contador de medidas el número por el cual debe seguir.

5. Directorio destino de los datos:

Aquí se indica el directorio destino donde se depositarán los datos de las mediciones realizadas. En el caso de que este directorio no existiese debemos marcar la casilla **Crear** directorio para que se cree dicho directorio, en caso contrario se producirá un error y los datos no se guardarán en el sitio correcto. Si no indicásemos directorio alguno los datos serán almacenados por defecto en la unidad USER (D:) del analizador de redes.

6. Número de repeticiones:

En este recuadro se indica el número de repeticiones de las medidas que deseamos que se realicen una vez que se inicia la rutina de medidas. Esto también es muy útil ya que sirve para automatizar el proceso de medidas sin tener que estar presente en el momento que se comencen todas las medidas.

7. Tiempo de espera entre repeticiones:

Si deseamos que entre el final de unas medidas y el comienzo de otras transcurra un tiempo determinado, lo debemos de indicar aquí.

8. Rutina de medidas:

Botón principal del programa, ya que es el encargado de indicar el comienzo de las medidas del programa.

9. Auto Scale:

Este botón sirve para realizar un escalado automático de las medidas que aparecen en la pantalla del analizador de redes una vez realizadas las medidas.

10. Preset:

Este botón sirve para inicializar la configuración que aparece por defecto en el analizador de redes cuando se inicia al conectarlo.

11. Medida número:

Nos indica el número del contador de medidas asociado a la medida que se está realizando en ese momento. Es muy útil ya que podemos controlar el correcto orden de las medidas que se están realizando en ese preciso momento, y en caso de no ser el correcto o de querer modificarlo por alguna razón podemos utilizar la opción Empezar la medida desde.

12. Consola:

Esta es una de las partes más importantes del programa, ya que en ella podemos controlar la mayoría de las acciones que se realizan: comienzo de mediciones, finalización de las mediciones, cambios en la configuración...

13. Limpiar consola:

Este botón sirve para limpiar la consola y ponerla en blanco. Esto es útil cuando se han realizado muchas acciones con el programa y deseamos ver en la pantalla las acciones que se realizan en el momento sin tener que desplazar la barra lateral de la consola.

3.2.2.3 Ventana de configuración

Esta es la ventana que aparece cuando el usuario pulsa el botón **Configurar** en la ventana de medidas. Ofrece 3 sencillas opciones, **Cambiar Configuración**, la cual conduce a una ventana donde cambiar varias opciones, **Cargar Configuración**, la cual nos permite cargar un fichero de configuración que ya tengamos almacenado, y **Guardar Configuración**, para guardar la configuración en un fichero que luego podemos cargarlo para evitar tener que hacer cambios redundantes.

3.2.2.3.1 Cambiar configuración

Esta es una de las principales ventanas del programa, donde cambiar manualmente parte de las opciones. Adjuntamos una imagen de dicha ventana:

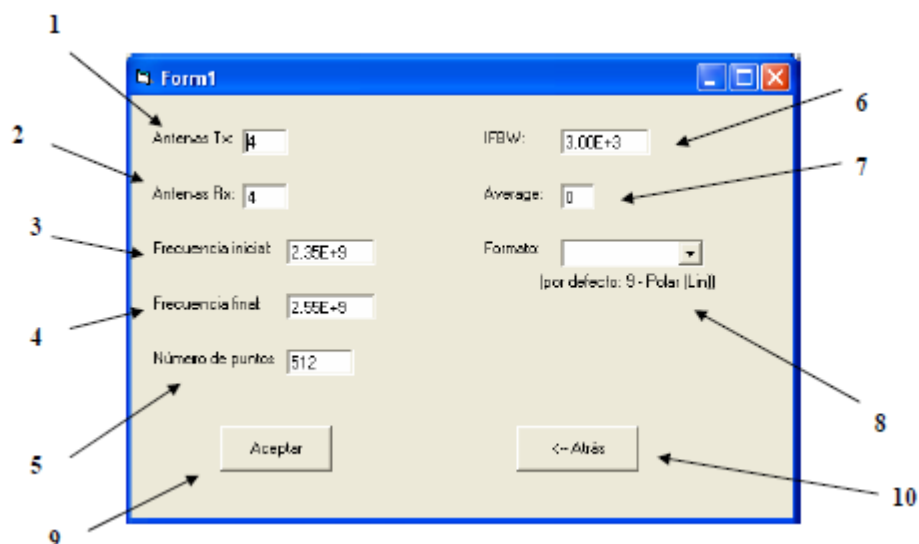


Figura 3.13. Ventana de configuración.

A continuación describamos cada opción:

1 y 2. Antenas Tx y Antenas Rx:

En estas casillas se introducen el número de antenas transmisoras y receptoras que se van a utilizar. El programa indica automáticamente al analizador de redes cual es la configuración más eficiente que debe utilizar si se utiliza el número de antenas que hemos indicado. En el caso de que el número de antenas que indiquemos esté fuera del rango que el analizador de redes es capaz de soportar no se producirá

ninguna configuración y en la consola de la pantalla principal saldrá el mensaje: "Configuración no válida".

3 y 4. Frecuencia inicial y frecuencia final:

Aquí se indica el rango de frecuencias que se van a utilizar a la hora de realizar las medidas, es decir, se indica la frecuencia inicial y la frecuencia final. El span lo calcula automáticamente el ENA restando la frecuencia final a la frecuencia inicial.

5. Número de puntos:

Se indica el número de puntos que va a utilizar el analizador de redes a la hora de hacer las medidas.

6. IFBW:

Indica la frecuencia intermedia que se va a utilizar en las mediciones.

7. Average:

Indica el *average* que se va a utilizar, es decir, indica el número de medidas que se van a tomar para hacer un promedio de todas ellas. En el caso de que el valor del *average* sea 0 se desactiva automáticamente la opción *average* del analizador de redes.

8. Formato:

Se indica que formato se va a utilizar a la hora de configurar el aparato. Los posibles formatos q se pueden utilizar son los siguientes:

- 1 - Log Mag
- 2 – Phase
- 3 - Group Delay
- 4 - Smith (Lin)
- 5 - Smith (Log)
- 6 - Smith (Re/Im)
- 7 - Smith (R+jX)

- 8 - Smith ($G+jB$)
- 9 - Polar (Lin)
- 10 - Polar (Log)
- 11 - Polar (Re/Im)
- 12 - Lin Mag
- 13 – SWR
- 14 – Real
- 15 – Imaginary
- 16 - Expand Phase

9. Aceptar:

Confirma la configuración que hemos elegido y le manda las instrucciones necesarias al ENA para que se configure correctamente.

10. Atrás:

Vuelve a la ventana de configuración sin realizar ningún cambio en la configuración.

3.2.2.3.2 Cargar configuración

Esta opción sirve para cargar un fichero de configuración que ya tengamos almacenado para no tener que cambiar manualmente las opciones.

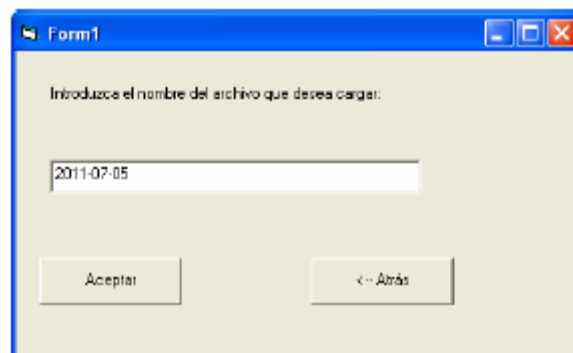


Figura 3.14. Cargar configuración.

3.2.2.3.3 Guardar configuración

Esta opción se utiliza para guardar la configuración que se está utilizando actualmente para poder utilizarla en otro momento con la opción cargar configuración. La ventana de cargar configuración es la siguiente:

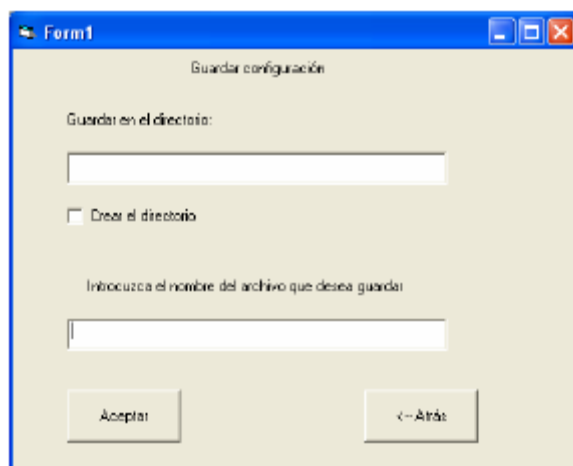


Figura 3.15. Guardar configuración.

El funcionamiento de esta parte del programa también es bastante sencillo, en el espacio de arriba se escribe el nombre del directorio donde se quiere guardar la configuración, marcando la casilla **Crear directorio** en el caso de que no exista, y el nombre que le queremos poner a la configuración en el espacio de abajo. Si no marcamos la casilla **Crear directorio** y este no existe se producirá un error y el archivo de configuración no se guardará en el sitio correcto. Si no se indica ningún directorio el archivo se guardará por defecto en la unidad USER (D:) del analizador de redes. Dándole al botón **Aceptar** se guarda la configuración donde hemos indicado y si le damos a **Atrás** se volverá a la ventana de configuración sin guardar la configuración.

3.2.3 Modificaciones realizadas en nuestra adaptación

En este proyecto se partía de la premisa de que se debía traspasar la mayoría de funcionalidades del software arriba comentado a nuestro propio software. Esta misión no resultaba del todo fácil, ya que no se podía traspasar el software original “tal cual”, sino que ha habido que trasladar una a una las funcionalidades que quisiéramos a nuestro software.

Como consecuencia de este hecho se realizaron una serie de modificaciones sobre el software original, las cuales se explican a continuación:

3.2.3.1 *Parámetros*

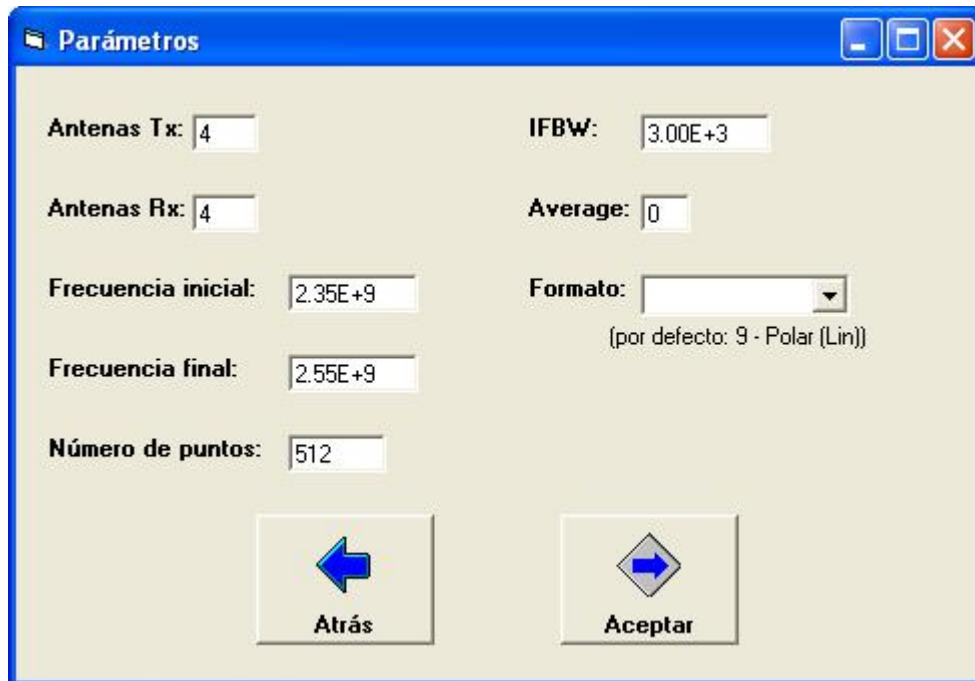


Figura 3.16. Parámetros 2.0.

En este caso la ventana es prácticamente igual a la de **Cambiar configuración** en el software original (en nuestro caso renombrado a **Parámetros**). Obviando el cambio de fuente, y el añadido de los iconos, el único cambio reside en el botón **Atrás**, el cual se ha cambiado de posición, y cuyo pulsado redirige a un lugar distinto como es lógico (esto lo explicaremos con detalle en los **capítulos 4 y 5**).

3.2.3.2 Otros

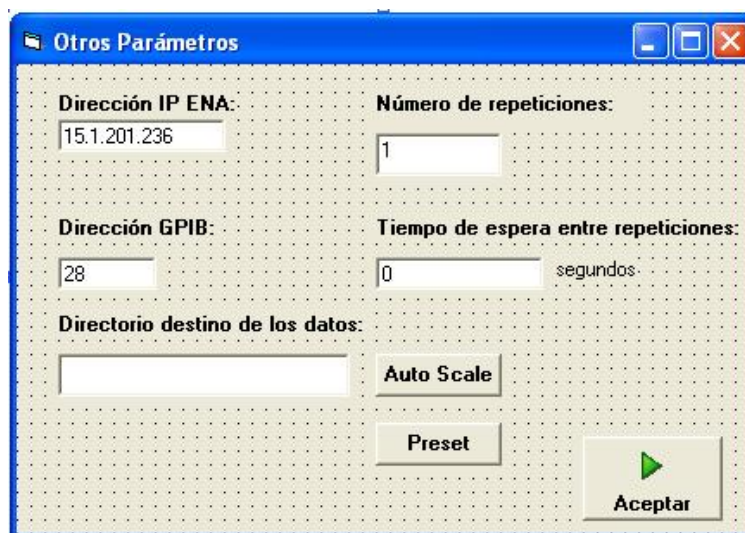


Figura 3.17. Otros.

Aquí sí se ha realizado un cambio considerablemente significativo:

- Uso de fuente distinta, añadido de icono.
- Todas las opciones están sacadas de la ventana principal del software original, pero se han separado para dar al software un aspecto más intuitivo y ordenado.
- Se ha suprimido la opción de **Empezar medida desde:** del software original, ya que se contradice con la estructura de nuestro software, como ya veremos después.
- También se ha suprimido la consola y el botón de **Limpiar Consola**, ya que resulta innecesario en nuestro software.
- Se sigue manteniendo el directorio destino de los datos, pero en este caso la carpeta donde se almacenarán las medidas de facto tendrá el mismo nombre que le hayamos puesto a la campaña de medidas correspondiente. Esto quiere decir que si creamos una campaña desde nuestro software llamada "Test", la carpeta se llamará también "Test"; esta opción es obligatoria para mayor simplificación y sencillez del resultado.

Por último, se ha suprimido las opciones de **Cargar y Guardar Configuración**, ya que hubieran causado conflicto en nuestro software.

Capítulo IV

Integración del software de medidas y el SiG. Descripción del software



4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo vamos a explicar con detalle la aplicación (más concretamente la barra de herramientas) que conforma este proyecto. Empezaremos haciendo una visión general, para posteriormente detallar una a una sus funcionalidades, excepto el apartado de **Medidas**, el cual se estudia en profundidad en el **capítulo 5**.

4.2 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE

La instalación del software resulta ciertamente sencilla, siendo necesarios únicamente una serie de pequeños pasos hasta tener la barra de herramientas finalmente instalada.

En primer lugar debemos tener ejecutando el ArcMap, por lo cual tendremos una situación tal que así:

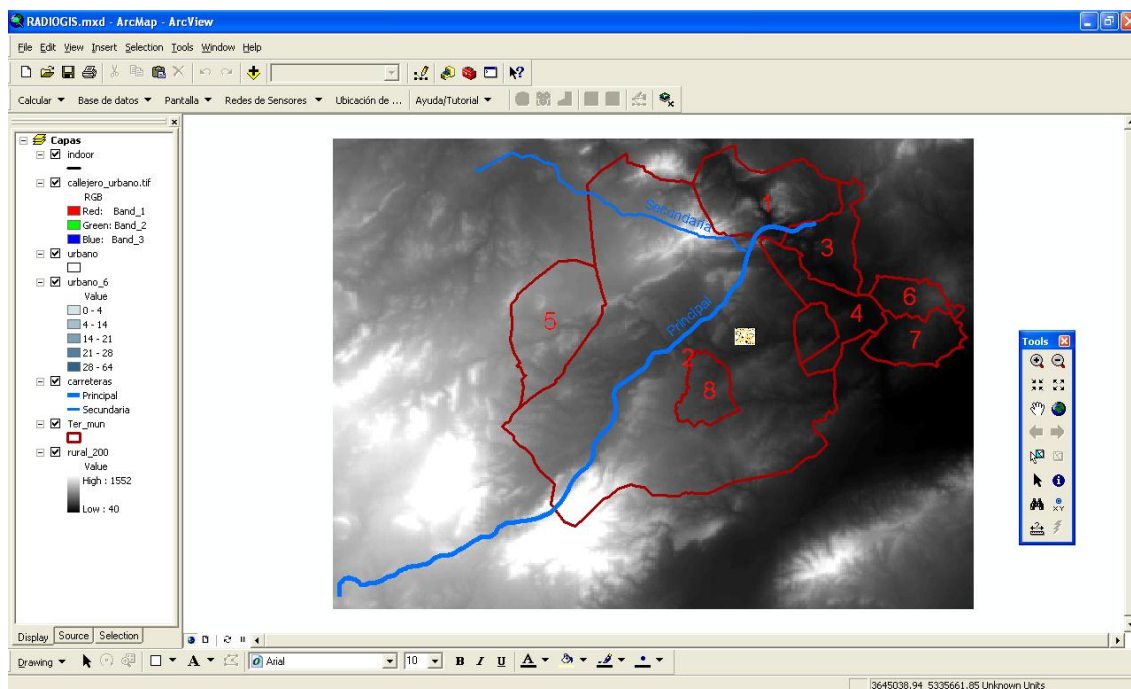


Figura 4.1. Vista general de ArcMap con RADIOGIS cargado.

Una vez que tenemos el ArcMap, debemos pinchar dos veces en cualquier parte vacía de la zona superior de la ventana. Aquí queda ejemplificado:

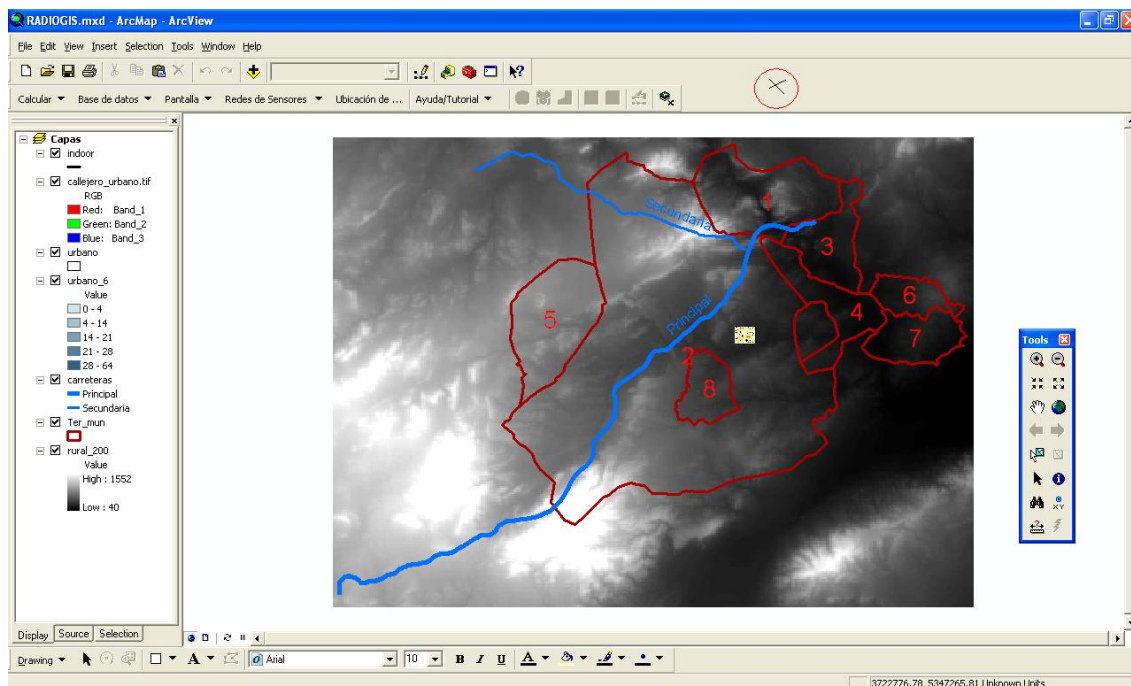
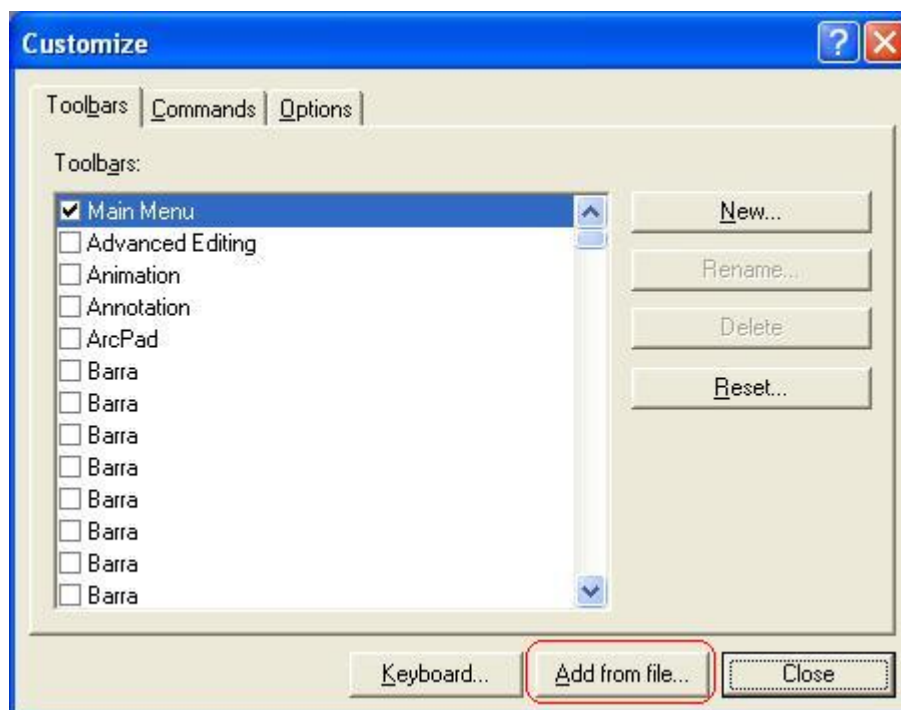


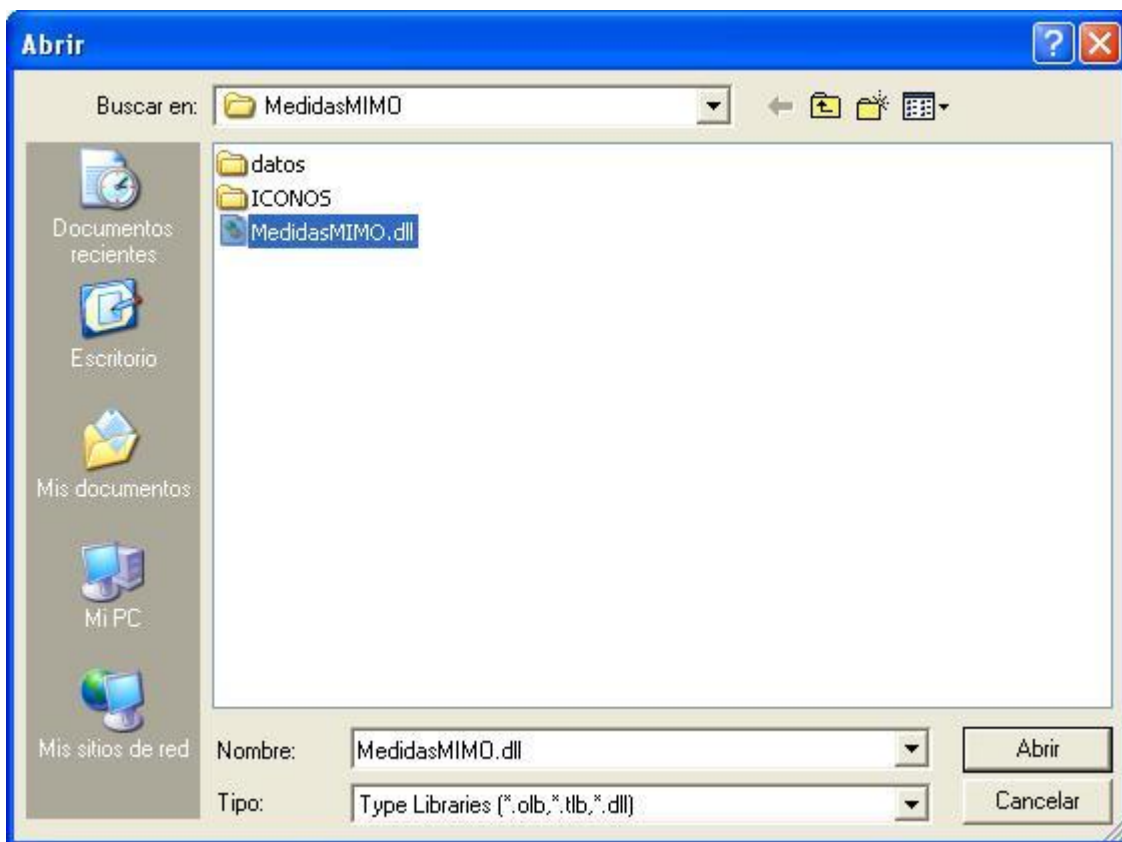
Figura 4.2.Zona donde pinchar

En la figura mostramos mediante un círculo y una cruz el lugar donde se debe pinchar para llegar a la siguiente pantalla:



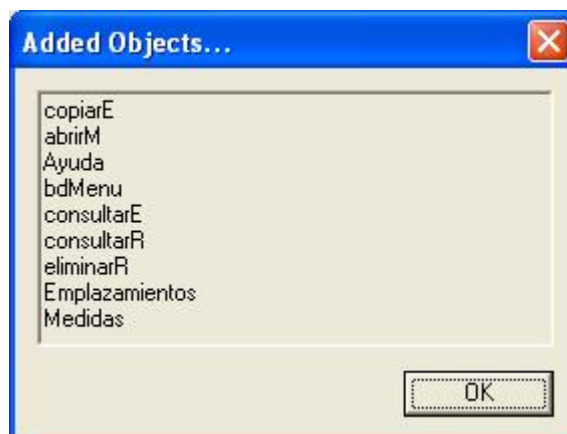
4.3. Customize

Esta ventana es el lugar donde podemos añadir nuevas dll's al programa para poder tener funcionalidades extra. Nuestro software está en formato dll [20], así que debemos pulsar el botón "**Add from file**", como se indica en la **figura 4.3**.



4.4. Abrir

Como se indica en la **figura 4.4**, debemos acceder a la carpeta donde tenemos el proyecto, y añadir el archivo **MedidasMIMO.dll**, el cual contiene las librerías de nuestro software. Una vez seleccionado el archivo, pulsamos **Abrir**.



4.5. Objetos añadidos

La **figura 4.5** nos informa de que el añadido se ha producido correctamente, y que se han sumado una serie de funciones al ArcMap, en este caso, las nuestras.

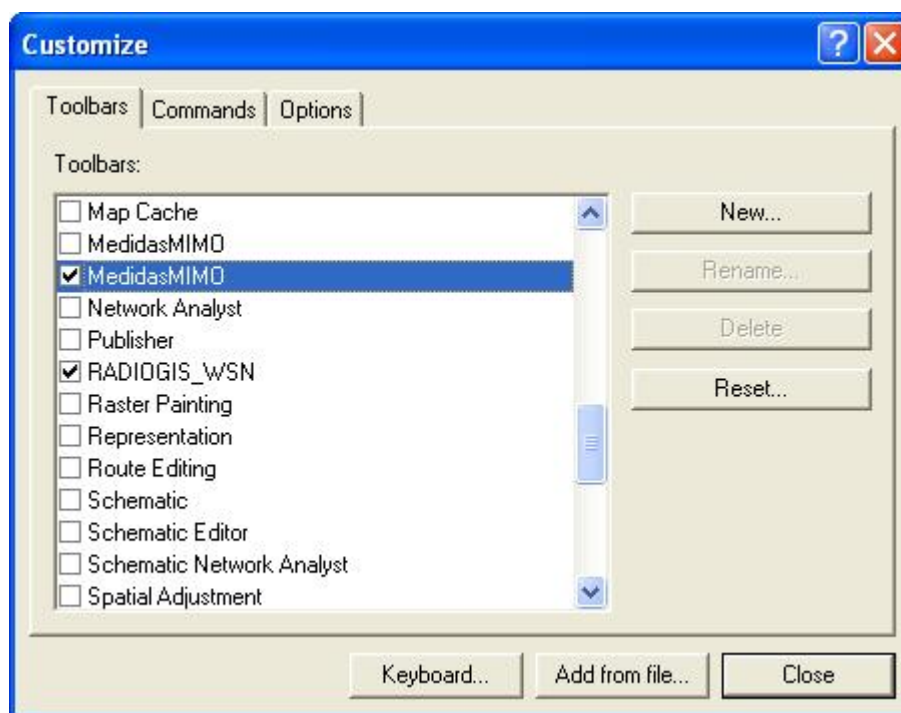


Figura 4.6. Barra añadida

Para acabar el proceso, únicamente hay que pulsar el “tic” al lado de **MedidasMIMO**, el cual es el nombre en clave del software. Una vez hecho eso, quedaría únicamente pulsar **Close**, y ya tendríamos el software listo para ser utilizado.

4.3 VISIÓN GENERAL DEL SOFTWARE

Después de explicar cómo añadir la barra de herramientas al *ArcMap*, vamos a mostrar el aspecto general de la barra de herramientas, explicando por encima cada opción general, ya que posteriormente se van a detallar con más profundidad.

Este es el aspecto general que tiene nuestra barra de herramientas:

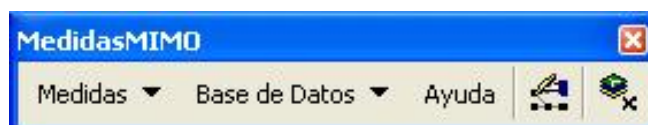


Figura 4.7. Barra de Herramientas.

Medidas

Esta parte de la barra de herramientas sirve, como su propio nombre indica, para realizar la rutina de medidas, la cual es una de las columnas vertebrales de este proyecto. En el **capítulo 5** se explica con detalle esta parte, ya que en él vamos a realizar una medida recorriendo todos los pasos de esta rutina de medidas.

Base de Datos

En esta parte se encuentra la gestión tanto de los emplazamientos como de las rutas, lo cual es esencial para poder asociar medidas con puntos concretos. Aquí parte de las funcionalidades han sido heredadas de las opciones de Base de Datos de RADIOGIS, y otras han sido introducidas. Es necesario destacar que un emplazamiento en nuestro software es la ubicación de un transmisor y/o receptor de nuestro equipo de medidas, distanciándole pues de la definición de emplazamiento en RADIOGIS. En el siguiente apartado entraremos en profundidad en esta rama.

Ayuda

Este botón simplemente lleva a la ayuda del software, con lo cual no hay mucho que explicar. También comentaremos someramente la ayuda posteriormente.

Botón Seleccionar

Al igual que en *RADIOGIS*, este botón sirve para poder seleccionar manualmente un punto del mapa cuando queremos crear un emplazamiento nuevo. Al hacer esto, el software detecta automáticamente las coordenadas del punto, y el emplazamiento es creado.

Botón Borrar

Este botón tiene como funcionalidad el limpiar el contenido del mapa cuando queremos borrar información que ya no nos sirve, y que por ende nos está estorbando. Al pulsar este botón se eliminan los nombres de cada emplazamiento, entre otros. También es una opción heredada de *RADIOGIS*.

Vistas cada una de las opciones, vamos a proceder a explicarlas con más detalle.

4.4 EXPLICACIÓN DETALLADA DE LA BARRA DE HERRAMIENTAS

4.4.1 Base de Datos

Como ya hemos dicho, esta base de datos gestiona los emplazamientos y rutas que tengamos, lo cual resulta esencial a la hora de asociar las medidas con mapas y puntos en concreto.

4.4.1.1 *Emplazamientos*



Figura 4.8. Emplazamientos.

Aquí se mantienen las opciones básicas que también existían en el *RADIOGIS*, pero se han incluido en nuestro software para poder permanecer independiente del software original de la UPCT. Recordemos que en nuestro software un emplazamiento es la ubicación que tiene un transmisor y/o receptor de nuestro equipo de medidas.

4.4.1.1.1 Nuevo

Esta opción como su propio nombre indica sirve para crear un emplazamiento completamente nuevo.

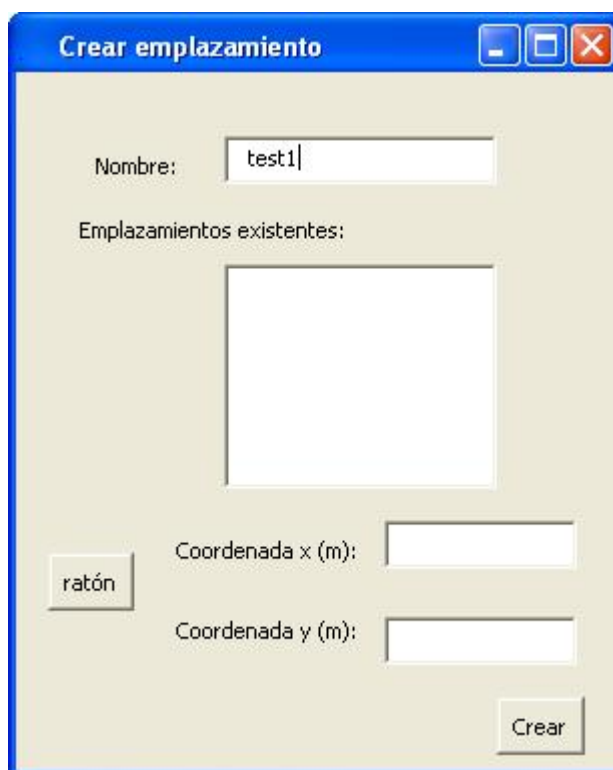
The image shows a Windows-style dialog box titled "Crear emplazamiento". It has a blue title bar with standard minimize, maximize, and close buttons. The main area is light beige. At the top, there is a label "Nombre:" followed by a text input field containing "test1". Below this is a label "Emplazamientos existentes:" followed by a large, empty rectangular box. At the bottom left, there is a button labeled "ratón". To its right are two text input fields: "Coordenada x (m):" and "Coordenada y (m):". At the bottom right is a button labeled "Crear".

Figura 4.9. Nuevo Emplazamiento.

Tras introducir el nombre y cerciorarse de que no existe un emplazamiento con ese nombre, el usuario dispone de dos formas de introducir las coordenadas: o bien las introduce manualmente en las casillas correspondientes, o bien pulsa **ratón**, para poder elegir el punto en el mapa, pulsando el botón **Seleccionar** antes comentado, en la barra de herramientas principal.

Una vez que tenemos las coordenadas, se pulsa **Crear**, y entonces si no ha habido ningún problema aparecerá esta ventana:

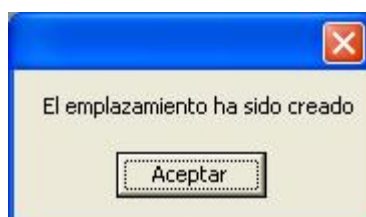


Figura 4.10. Emplazamiento creado.

4.4.1.1.2 Copiar

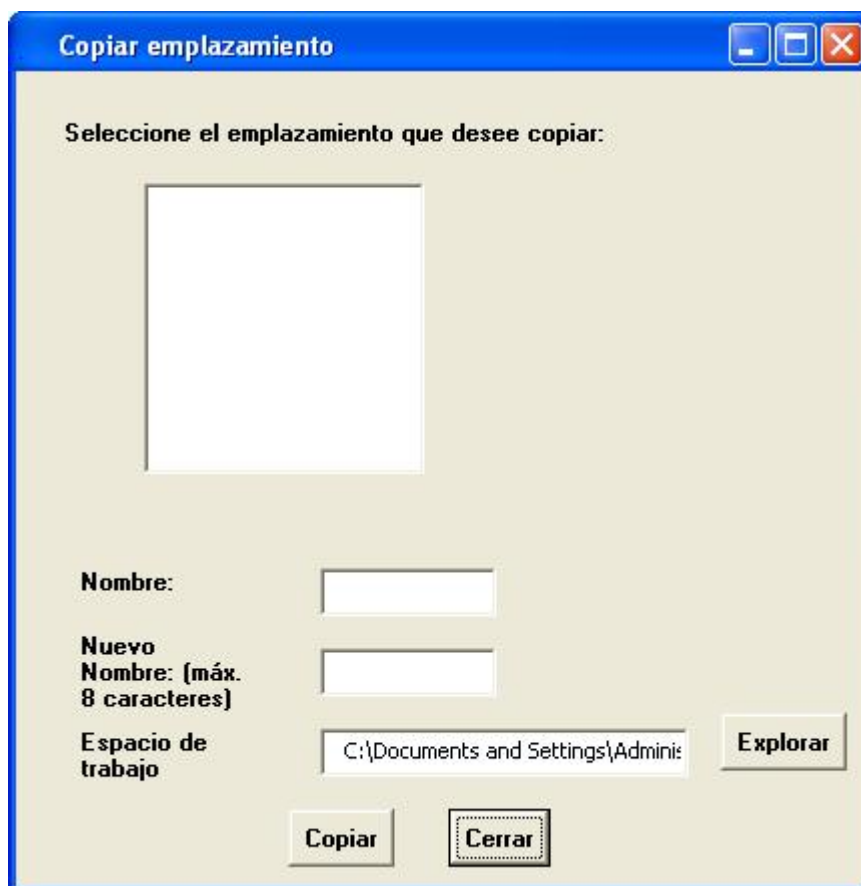


Figura 4.11. Copiar emplazamiento

Esta opción sirve para poder copiar un emplazamiento, dándole otro nombre, por si necesitamos tener un duplicado por cualquier motivo, o bien si queremos rectificar el nombre de un emplazamiento.

El funcionamiento es muy sencillo, el usuario selecciona de la lista el emplazamiento que quiere copiar, y su nombre se verá reflejado tanto en el campo **Nombre**, como en el campo **Nuevo Nombre**, que es el que hay que cambiar.

La opción **Espacio de trabajo** permite seleccionar dónde se quiere guardar el emplazamiento.

Una vez elegidos los datos, el usuario pulsa **Copiar**, y entonces aparecerá esta ventana:

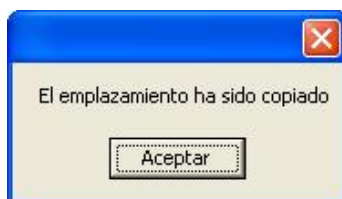


Figura 4.12. Emplazamiento copiado.

El usuario también puede pulsar **Cerrar**, lo cual hará que se cierre la ventana sin cambios.

4.4.1.1.3 Consultar

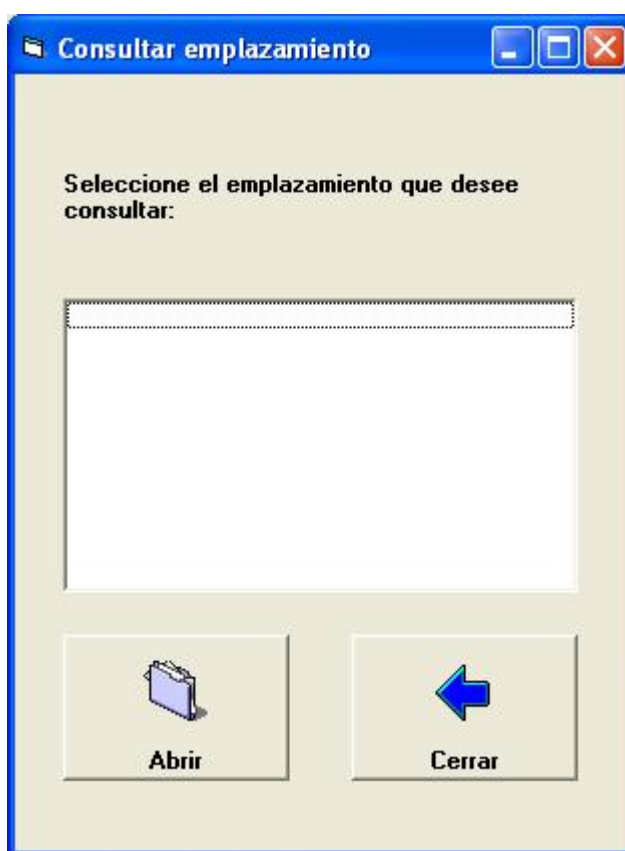
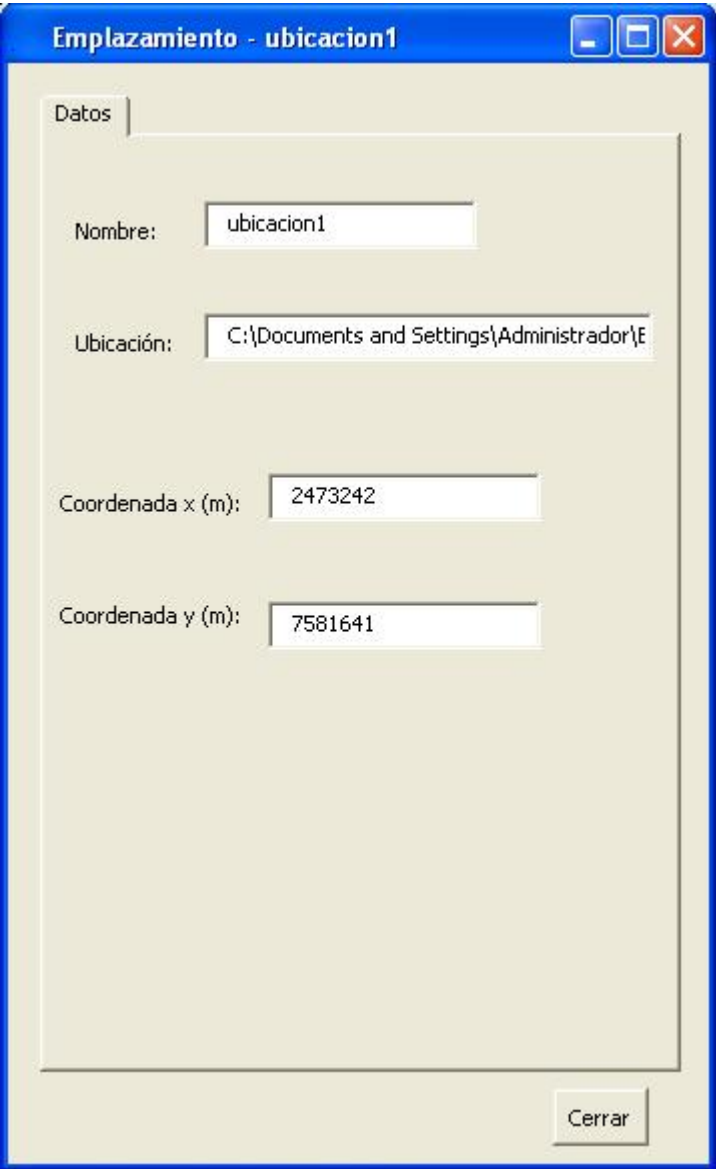


Figura 4.13. Consultar emplazamiento.

Esta opción sirve para revisar los datos de un emplazamiento que ya tengamos creado, como puede ser las coordenadas y su ubicación.

El funcionamiento es muy simple, el usuario elige de la lista el emplazamiento que desea consultar, y entonces pulsa el botón **Abrir**, lo cual llevará a otra ventana que mostraremos a continuación. Si el usuario pulsa el botón **Cerrar**, se cerrará esta ventana y se volverá a la pantalla general del ArcMap.



Emplazamiento - ubicacion1

Datos

Nombre: ubicacion1

Ubicación: C:\Documents and Settings\Administrador\E

Coordenada x (m): 2473242

Coordenada y (m): 7581641

Cerrar

Figura 4.14. Datos del emplazamiento.

Esta es la ventana que nos proporciona la información básica del emplazamiento: Su nombre, su ubicación, y sus coordenadas. Una vez consultado, el usuario puede pulsar el botón **Cerrar** para volver a la pantalla general del ArcMap.

4.4.1.1.4 Eliminar



Figura 4.15. Eliminar emplazamiento (I)

Esta opción sirve como su propio nombre indica para eliminar un emplazamiento que ya exista en nuestra base de datos.

El funcionamiento es muy sencillo, el usuario elige el emplazamiento de la lista que quiere eliminar, y pulsa el botón **Eliminar**. También está disponible el botón **Cerrar** para volver a la pantalla general del ArcMap.

Si el usuario pulsa **Eliminar**, saldrá esta ventana:

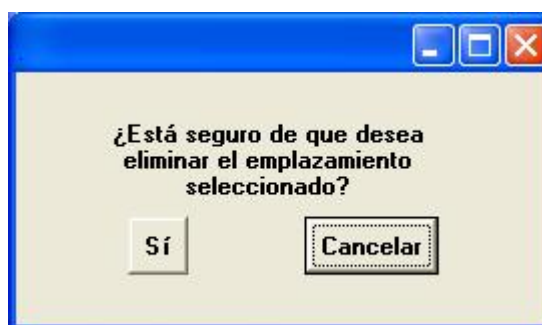


Figura 4.16. Eliminar emplazamiento (II)

Una vez pulsado en **Sí**, saldrá esta otra ventana:

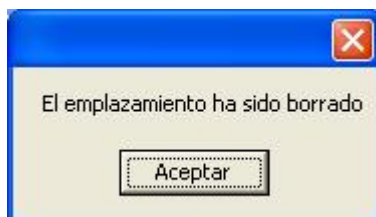


Figura 4.17. Eliminar emplazamiento (III)

Esta ventana confirma que el emplazamiento ha sido eliminado.

4.4.1.2 Rutas



Figura 4.18. Rutas

El apartado de rutas es exclusivo de este proyecto, ya que en el RADIOGIS existía un apartado relativamente parecido llamado “Emplazamientos múltiples”, pero este es un concepto diferente ya que en nuestro caso vamos a diferenciar entre transmisores y receptores, caso que en RADIOGIS no ocurre. Utilizaremos las rutas a la hora de realizar las campañas de medidas.

A continuación vamos a comentar las dos opciones que proporcionamos en este software, crear una nueva ruta, y consultar una existente.

4.4.1.2.1 Nueva ruta

Figura 4.19. Crear ruta

Esta es una de las ventanas más importantes y complejas en cuanto a programación de todo el software.

La misión era construir una rutina que permitiera la creación de una ruta, imponiendo un único emplazamiento como transmisor, y un número a gusto del usuario de receptores. Cabe destacar que si se quiere realizar una tanda de medidas con un transmisor diferente, habrá que crear una ruta de medidas nueva.

El funcionamiento de la ventana es el siguiente:

El usuario elige un emplazamiento pulsando sobre él en la lista de emplazamientos. Una vez elegido, se puede agregar a la lista de transmisor o de receptores, para ello hay dos botones de **Agregar** → que sirven para esa misión. Al

pulsar cualquiera de esos dos botones, el emplazamiento desaparecerá de la lista general y se incluirá en la lista seleccionada en el lado derecho.

Como ya hemos comentado, el usuario es libre de agregar (y de quitar) el número de receptores que se necesite, pero el programa sólo permite agregar un transmisor ya que siempre se va a utilizar un transmisor. Si ya existe un transmisor incluido en la lista, y deseamos cambiarlo, tenemos dos opciones, o bien usar el botón **Quitar** → para eliminar el transmisor de la lista (devolviéndolo a la lista general), y entonces seleccionar el nuevo transmisor y pulsar **Agregar** →, o bien el usuario puede directamente elegir el nuevo transmisor, pulsar **Agregar** →, y entonces el software automáticamente sustituye el nuevo transmisor por el anterior, devolviendo este último a la lista general.

Cuando el usuario ya tiene decidida la configuración, es imprescindible que el usuario seleccione el transmisor para dejarlo seleccionado (igual que en la figura 4.13), ya que en caso contrario el software devolverá un error.

Si hacemos lo correcto, y pulsamos **Aceptar**, el programa devolverá esta ventana:

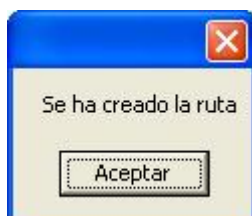


Figura 4.20. Ruta creada

4.4.1.2.2 Consultar ruta

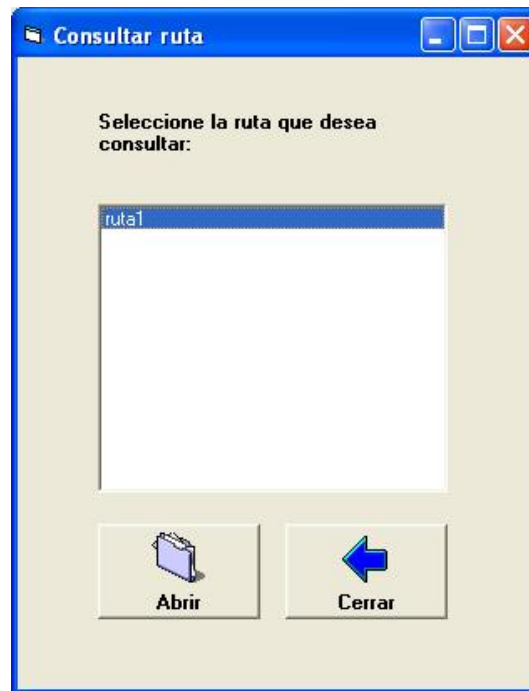


Figura 4.21. Consultar ruta

Esta función lo que hace es plasmar en el mapa la ruta, con todos sus emplazamientos, bien sea transmisor o receptores. Si el usuario desea información numérica, se puede consultar desde el ArcMap la tabla de atributos de la ruta.

Si el usuario pulsa **Abrir** se plasmará la ruta en el mapa, y si pulsa **Cerrar** se cerrará la ventana sin cambios.

Capítulo V

Realización de una campaña de medidas



5.1 INTRODUCCIÓN

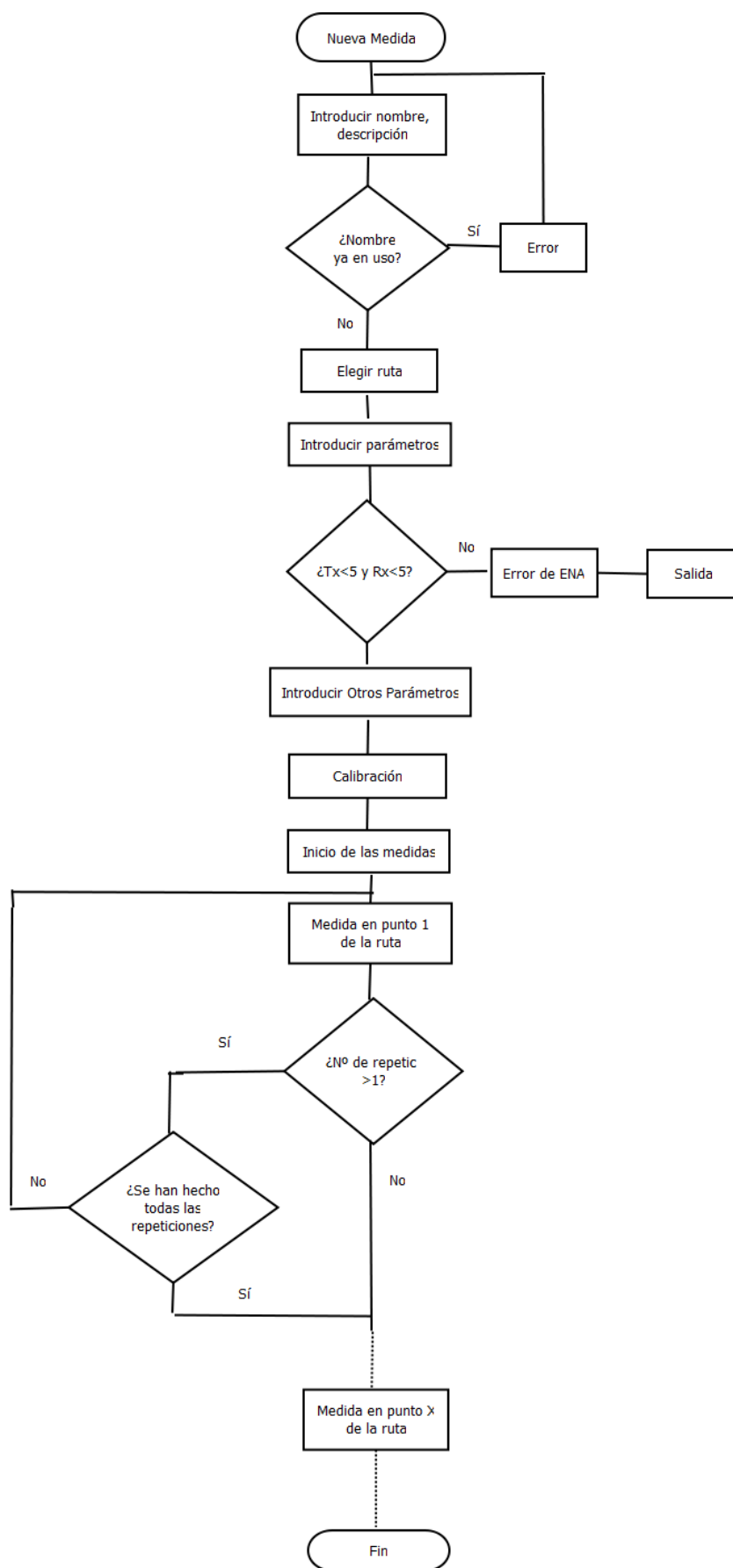
Una vez que hemos visto una por una todas las opciones que nos brinda la base de datos de este software, pasamos a lo que constituye la funcionalidad más importante y compleja del proyecto: La integración del software de medidas con nuestro proyecto y con el SIG.

Realmente el proceso desde que se pincha en **Nueva Medida** hasta que acaba la campaña de medidas es bastante lineal y sencillo, pero en cualquiera de los casos vamos a proceder a explicarlo paso por paso, teniendo en cuenta una serie de detalles para el buen funcionamiento de la rutina.

Para explicar el proceso, lo que haremos será escoger un escenario hipotético para una campaña de medidas. En este caso simularemos que estamos en el sótano del edificio de Antigones de la UPCT, y partiremos de la base de que tenemos 1 antena transmisora y 2 antenas receptoras, para poder explicar con sencillez la rutina, pero sin elegir tampoco el escenario más simple.

5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RUTINA

Para facilitar la comprensión de todo el proceso que vamos a explicar, antes de ir a ello vamos a incluir un pequeño diagrama de flujo que explica el proceso de funcionamiento, y posteriormente pasaremos a analizar la rutina paso por paso.

**Figura 5.1. Diagrama de flujo**

Ahora procederemos a explicar cada paso que se expone en el diagrama de flujo, desde que se pulsa en **Nueva Medida**, hasta el final.

5.3 SIMULACIÓN PASO A PASO DE UNA CAMPAÑA DE MEDIDAS

A continuación mostramos el escenario que vamos a utilizar para realizar esta explicación:

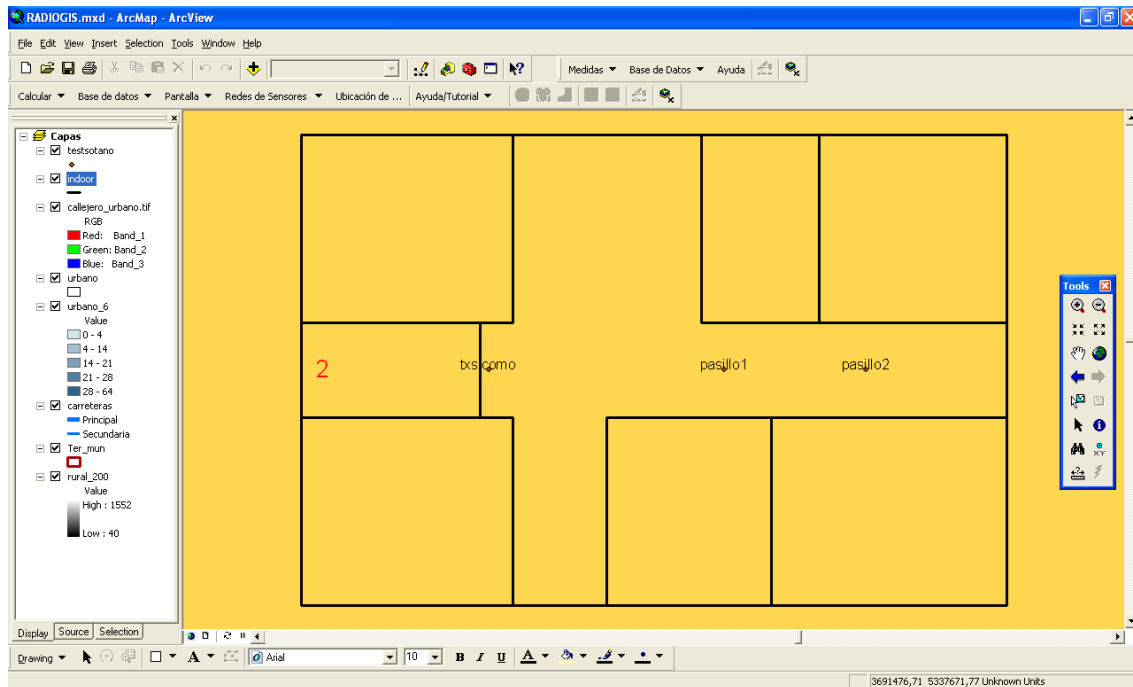


Figura 5.2. Escenario de la medida

El mapa simula el sótano del edificio de Antigones de la UPCT. Tenemos un transmisor (*txscomo*) y dos puntos de la ruta donde se van a realizar las medidas (*pasillo1* y *pasillo2*).

Lo primero que debemos hacer es pulsar la pestaña **Medidas** en la barra de herramientas, y al desplegarse el submenú, pulsar **Nueva Medida**. Al hacerlo, aparecerá esta ventana:

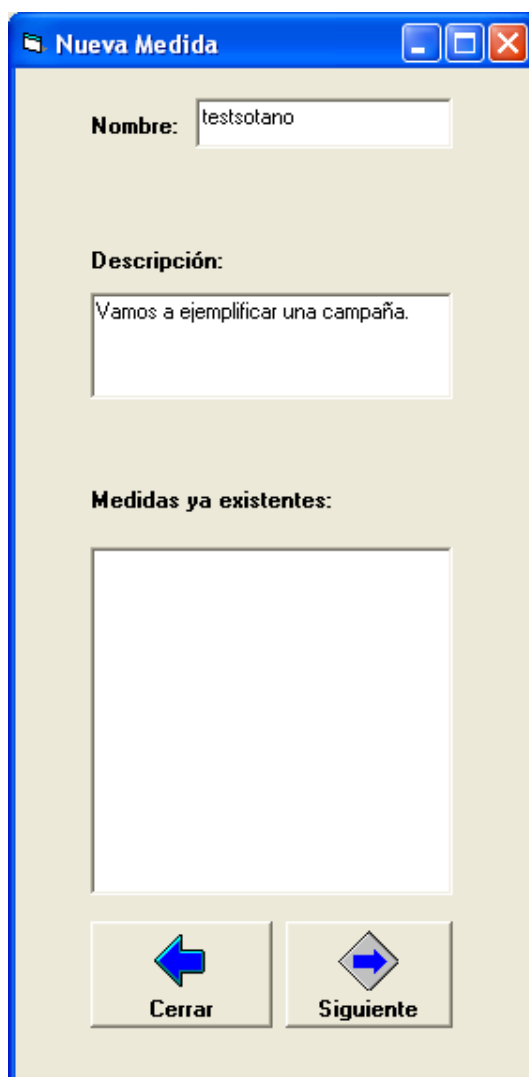


Figura 5.3. Nueva Medida (I)

Como podemos observar, la pantalla es bastante sencilla. En **Nombre**: se debe introducir el título de la medida (este parámetro es importante ya que la carpeta donde se guarden las medidas se llamará obligatoriamente de esta forma también). En **Descripción**: podemos introducir un pequeño texto para describir la medida, el cual se va a guardar mediante un fichero **info.txt** en la carpeta raíz de las medidas. Por último, en **Medidas ya existentes**, se muestran los nombres de las campañas ya hechas, y que se almacenan en nuestro ordenador. Es conveniente avisar que, como es lógico, no se puede poner un nombre que ya exista en la lista de medidas existentes.

Para continuar, se puede pulsar **Siguiete**, o **Cerrar**, en caso de no querer seguir adelante.

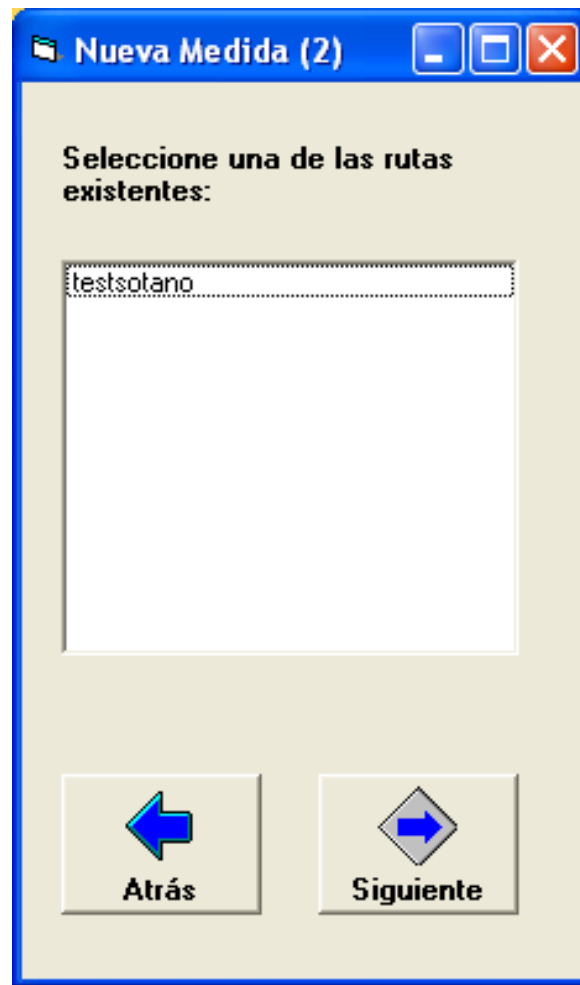


Figura 5.4. Nueva Medida (II)

En esta ventana se nos mostrará las rutas existentes en nuestro ordenador, de las cuales tendremos que elegir una, sobre la cual realizar la campaña de medidas. Cabe destacar que la ruta que elijamos se copiará en su totalidad a la carpeta de la medida que estemos configurando (al final de este apartado se muestra cómo debe quedar finalmente la carpeta de la medida).

Al elegir una ruta, podemos pulsar **Siguiente** para seguir adelante, o **Atrás** para volver al paso anterior.

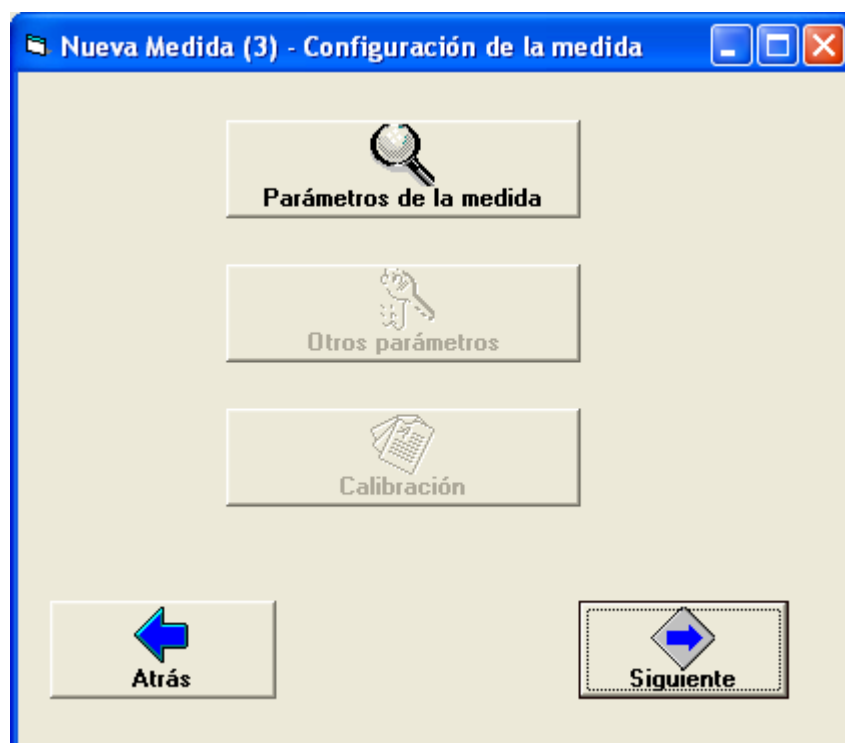


Figura 5.5. Nueva medida (III)


Esta ventana es determinante para el correcto curso de la campaña de medidas. Se nos muestra 3 pasos que debemos configurar, y al tener que seguirlos obligatoriamente en el orden propuesto arriba, se decidió bloquear los pasos siguientes hasta que el actual no fuera configurado.

En primer lugar debemos configurar los **Parámetros de la medida**, donde estableceremos una serie de opciones, las cuales se muestran en la siguiente ventana:

Parámetros

Antenas Tx: 1 IFBW: 3.00E+3

Antenas Rx: 2 Average: 0

Frecuencia inicial: 2.35E+9 Formato: 
(por defecto: 9 - Polar (Lin))

Frecuencia final: 2.55E+9

Número de puntos: 512



 Atrás  Aceptar

Figura 5.6. Parámetros

Como ya explicamos en el **capítulo 3**, la misión era adaptar el software de medidas original creado por Rafael Ávila, a nuestro software. En esta ventana heredamos buena parte de las opciones de ese software original, como se puede observar. Cada opción ya fue explicada en el **capítulo 3**, pero cabe destacar que el usuario debe tener cuidado con no elegir más de 4 antenas tanto de Tx como de Rx, porque en ese caso el ENA devolverá un error y se deberá iniciar el proceso entero de nuevo.

Una vez que el usuario ha decidido sus parámetros, debe pulsar **Aceptar**, o **Atrás** para volver a la pantalla anterior.

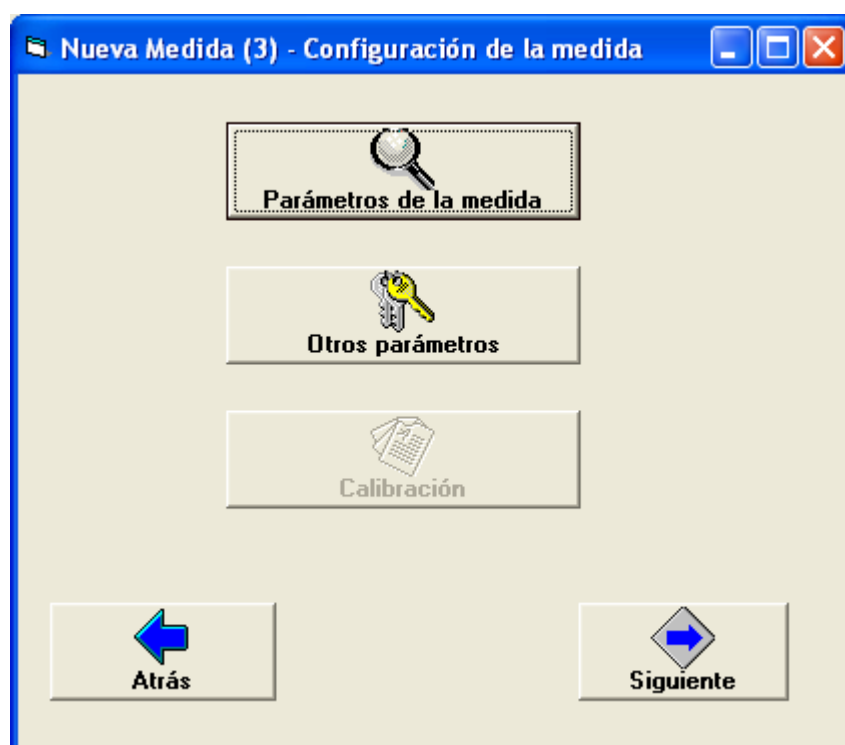


Figura 5.7. Nueva medida (III) con Otros

Al haber configurado los parámetros, podemos observar cómo se ha desbloqueado la opción de **Otros parámetros**, la cual pasamos a detallar:

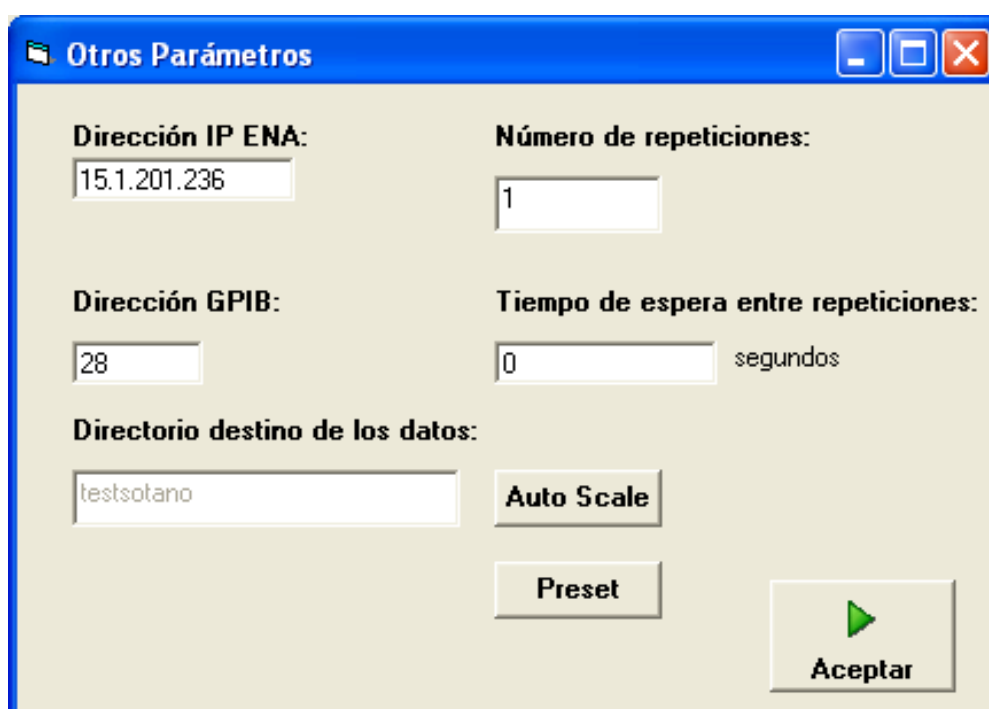


Figura 5.8. Otros

De nuevo, todas las opciones son heredadas del software de medidas original, pero con una modificación: Como se puede observar, ya no es posible elegir manualmente un nombre para la carpeta que se crea dentro del ENA, como tampoco se puede elegir si se quiere crear una carpeta o no (se crea *de facto*). También se ha eliminado la opción de iniciar la medida desde un número concreto, ya que nuestra notación de las medidas es diferente a la del software original, y por ende entraría en conflicto.

Cuando hemos acabado, pulsamos **Aceptar** para continuar.

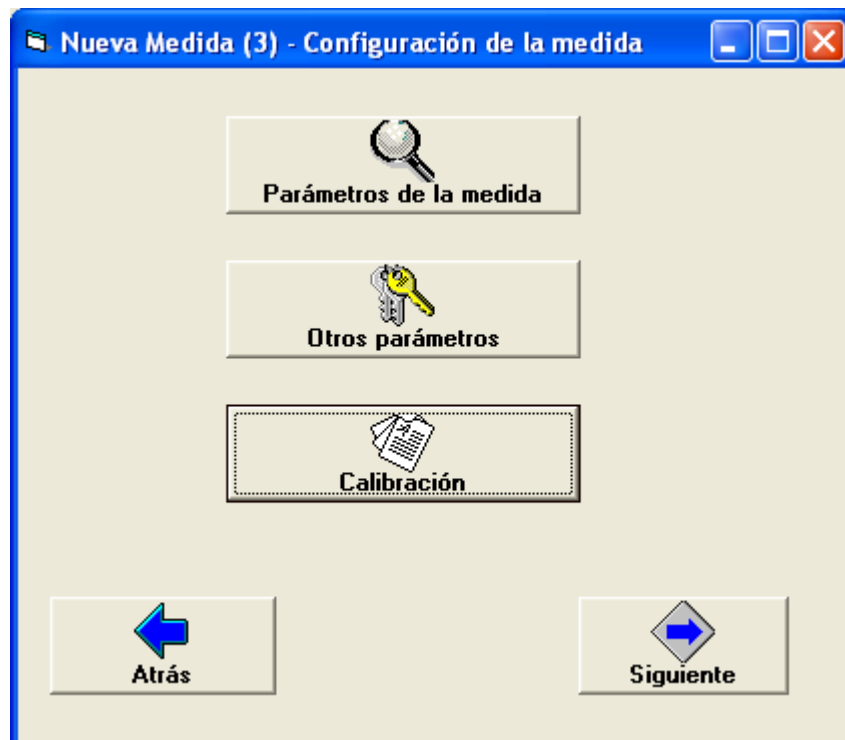


Figura 5.9. Nueva medida final

A continuación viene el paso de la **Calibración**, el cual es determinante para el buen curso de las medidas. Esta es la principal innovación de nuestro software, ya que actúa como asistente para poder hacer la calibración, da igual el número de antenas. El usuario sólo se tiene que preocupar de cambiar los cables que le va indicando la aplicación, mientras que antes el usuario se tenía que preocupar de hacer manualmente la calibración.

5.3.1 Calibración

Este paso es el más determinante de los 3 pasos previos que se han de realizar antes de empezar las medidas, por lo que es conveniente darle un apartado.

La calibración es un aspecto vital a la hora de realizar una campaña de medidas ya que elimina los efectos e interferencias que puedan generar todos los elementos de un sistema de medidas, como son los cables, los dispositivos, etc. Si no se hace una calibración concreta se añadirán a los resultados interferencias indeseadas lo cual hará que las medidas no sean válidas.

Recordemos que tenemos una antena transmisora y dos receptoras, por lo cual en este caso la calibración es sencilla ya que sólo hay que calibrar el cable de la antena transmisora con las dos receptoras, haciendo un total de 2 calibraciones. En casos más complejos como en 4 transmisoras y 4 receptoras, puede llegar a haber un total de 16 calibraciones, ya que hay que calibrar todas las combinaciones posibles de transmisores y receptores.

Antes de empezar la calibración, en el ENA tenemos la siguiente pantalla:

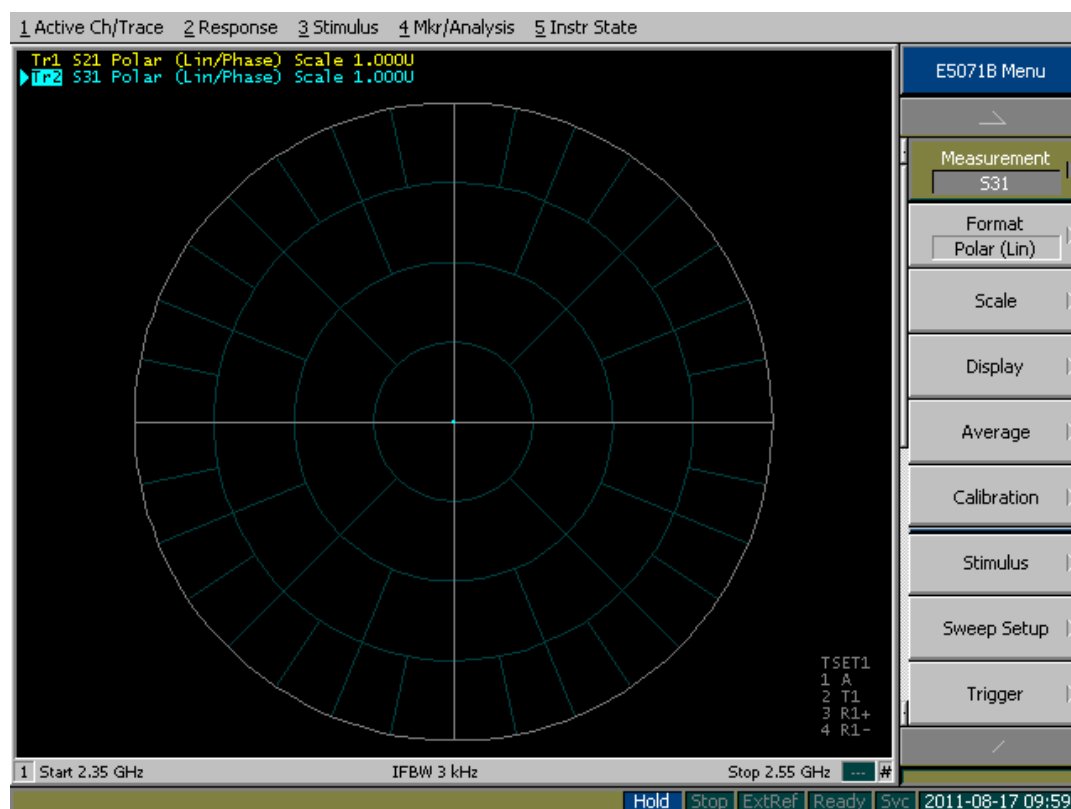


Figura 5.10. ENA antes de la calibración

Al pulsar en **Calibración**, nos saldrá esta ventana:

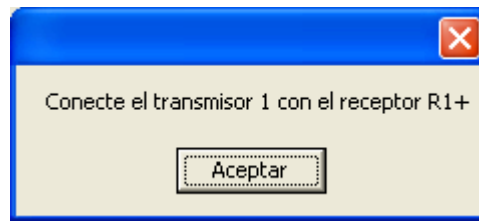


Figura 5.11. Calibración (I)

La primera calibración será entre la única transmisora que tenemos, y la receptora 1 (aquí se usa la notación del multipuerto, por eso indica el puerto R1+).

Si pulsamos **Aceptar**, realizará de forma automática la calibración, y nos saldrá esta ventana:

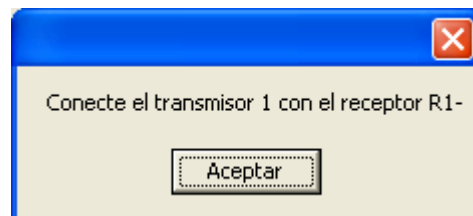


Figura 5.12. Calibración (II)

Ahora deberemos conectar el cable transmisor al puerto de la antena receptora 2, en este caso R1-. Según el número de antenas receptoras, estamos dando por supuesto la siguiente configuración:

Número de antenas	Puertos del multipuerto utilizados
1	R1+
2	R1+,R1-
3	R1+,R1-,R2+
4	R1+,R1-,R2+,R2-

Es importante seguir esta directriz porque si no es probable que el software no funcione como debiera y las medidas no se produzcan correctamente.

Al pulsar en **Aceptar**, de nuevo se hará la calibración, y al ser la última, saldrá la siguiente ventana:

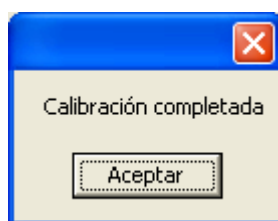


Figura 5.13. Calibración completada

Esta ventana nos indica que ya se ha calibrado todo el proceso, por lo que podemos pasar a realizar las medidas en sí.

Este es el aspecto del ENA una vez calibrado:

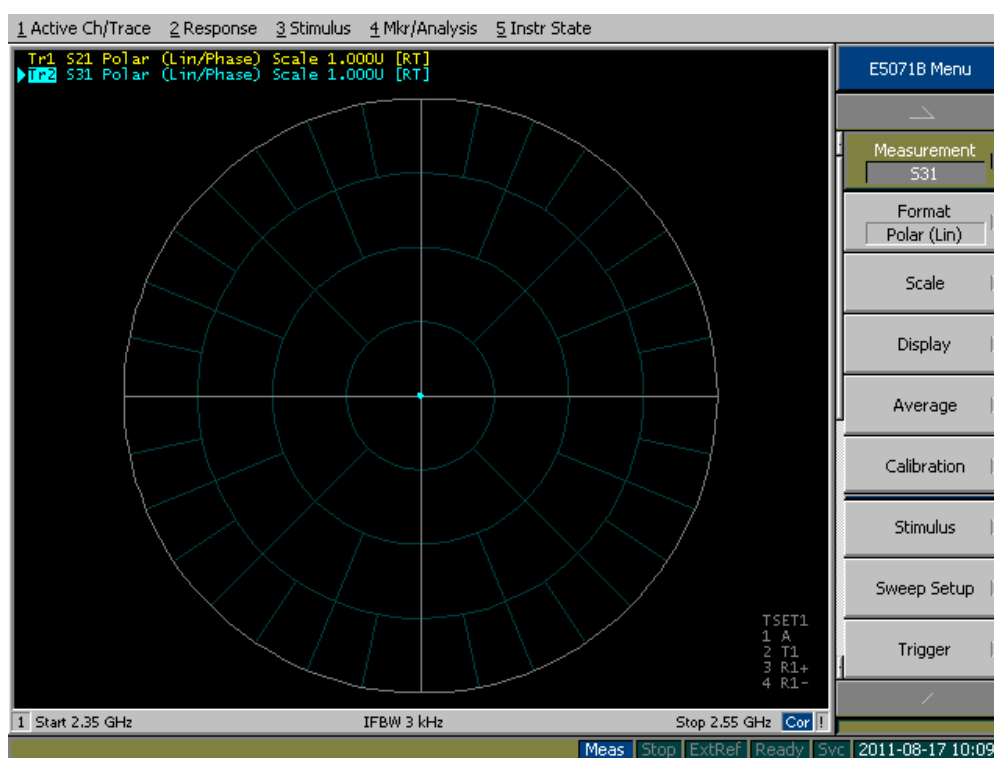


Figura 5.14. ENA después de calibrar

Nótese los [RT] que indican que esas trazas están calibradas.

Ahora mostraremos el aspecto físico de nuestra configuración, con la que vamos a simular la campaña de medidas:



Figura 5.15. Situación física real

5.3.2 Realización de las medidas

Una vez que tenemos el sistema entero calibrado, sólo nos quedaría realizar la campaña de medidas en sí, la cual se realiza mediante un sencillo proceso en nuestro software, el cual procedemos a explicar.

En primer lugar, una vez que hemos completado los 3 pasos previos, debemos pulsar **Siguiente** en la pantalla de Nueva Medida (III) (**figura 5.9**). Al hacerlo, nos mostrará la siguiente ventana:

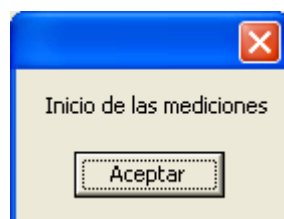


Figura 5.16. Inicio mediciones

A partir de pulsar **Aceptar** en esta ventana, se empezará el proceso de medición, el cual funciona de forma secuencial, esto es, primero medirá en el primer punto receptor de la ruta (en nuestro caso **pasillo1**), luego procederá al segundo punto (**pasillo2**), y así sucesivamente.

Al pulsar **Aceptar**, obtendremos esta ventana:

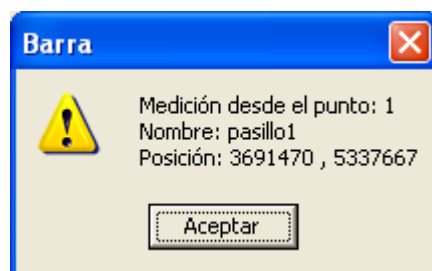


Figura 5.17. Pasillo1

Para facilitar el proceso lo máximo posible al usuario, decidimos incluir la mayor información posible antes de realizar cada medida. Por ello, justo antes de medir, el software presenta como información, la posición del punto con respecto a la secuencia de la ruta (en este caso 1), el nombre del punto receptor (pasillo1), y las coordenadas del punto con respecto al mapa. Al pulsar **Aceptar**, el ENA realizará las mediciones de forma transparente al usuario (aunque desde el ENA se puede apreciar cómo dicho aparato va midiendo cada traza), y cuando acabe (lo cual será más tarde o temprano dependiendo del número de repeticiones y de antenas), mostrará esta pantalla:

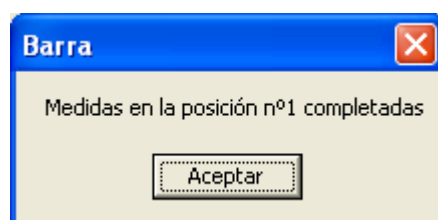


Figura 5.18. Pasillo1 completado

Con esto, ya habremos completado la mitad de nuestra campaña de medidas (al tener sólo 2 puntos receptores), por lo cual, ahora mismo tendríamos el siguiente escenario:

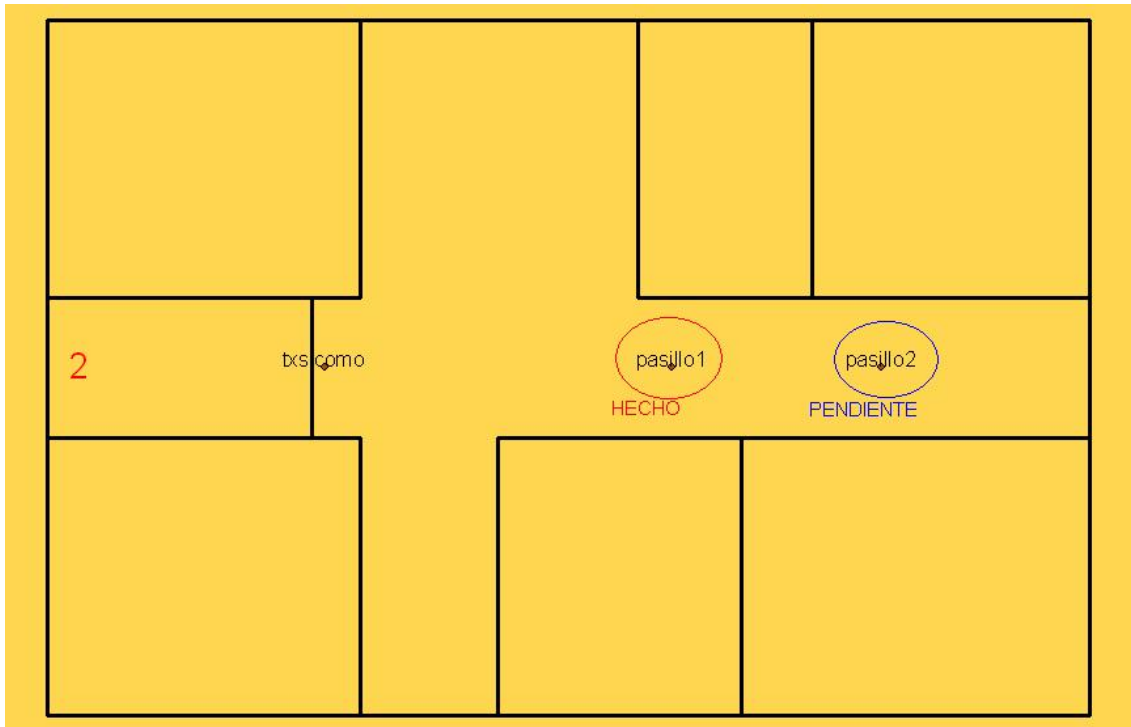


Figura 5.19. Estado provisional

Siguiendo el proceso, ahora sólo nos quedaría realizar las medidas desde ***pasillo2*** (una vez que hemos desplazado las antenas receptoras a su posición), por lo cual obtendremos la siguiente ventana:

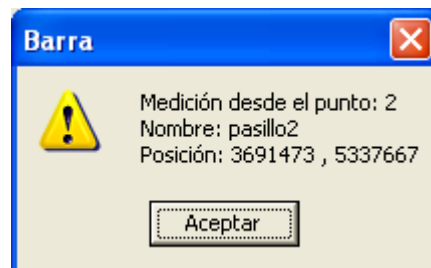


Figura 5.20. Pasillo2

Como es lógico, recibimos la misma información que antes, pero con distintos valores. Al pulsar ***Aceptar***, se realizarán las medidas, y al acabar se nos mostrará lo siguiente:

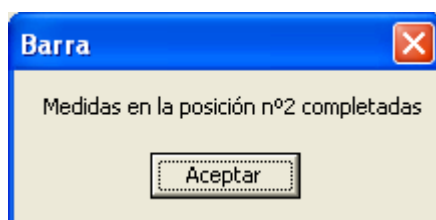


Figura 5.21. Pasillo2 completado

Al haber sólo dos puntos receptores en la ruta, habremos completado toda la campaña de medidas, con lo cual recibiremos el aviso de que la campaña se ha realizado correctamente, mediante la siguiente ventana:



Figura 5.22. Medidas completadas

Ahora el usuario debe comprobar dentro de la estructura de ficheros del ENA (más concretamente la unidad **D: USER**) que las medidas se encuentran archivadas dentro de una carpeta del mismo nombre al que hayamos puesto a la campaña en sí.

En nuestro caso, se nos ha creado una carpeta llamada **TESTSOTANO**, y dentro de esa carpeta se encuentran dos subcarpetas (**pasillo1** y **pasillo2**), en cuyo interior se encuentran las medidas de cada punto, y también encontramos un archivo llamado **calibrado.sta**, el cual podemos cargar en cualquier momento para evitar tener que realizar todo el proceso de calibrado.

A continuación incluimos unas capturas para demostrar el párrafo anterior:

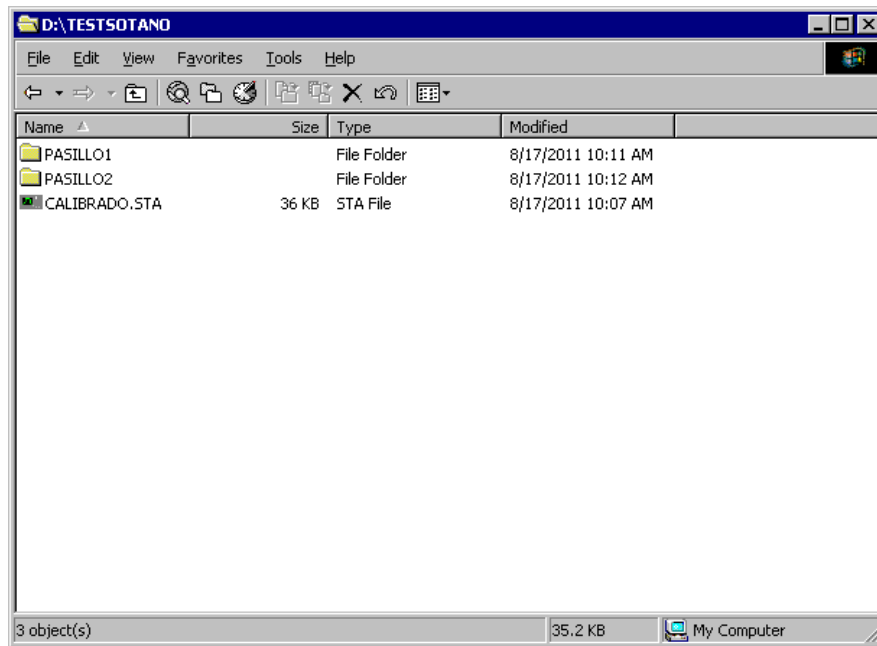


Figura 5.23. Carpeta con medidas

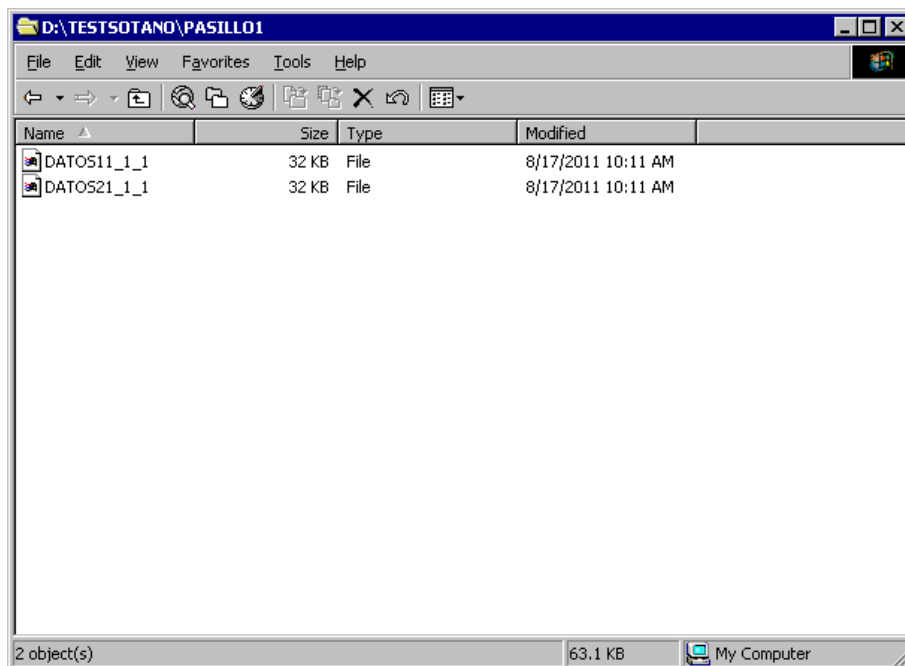


Figura 5.24. Medidas pasillo1

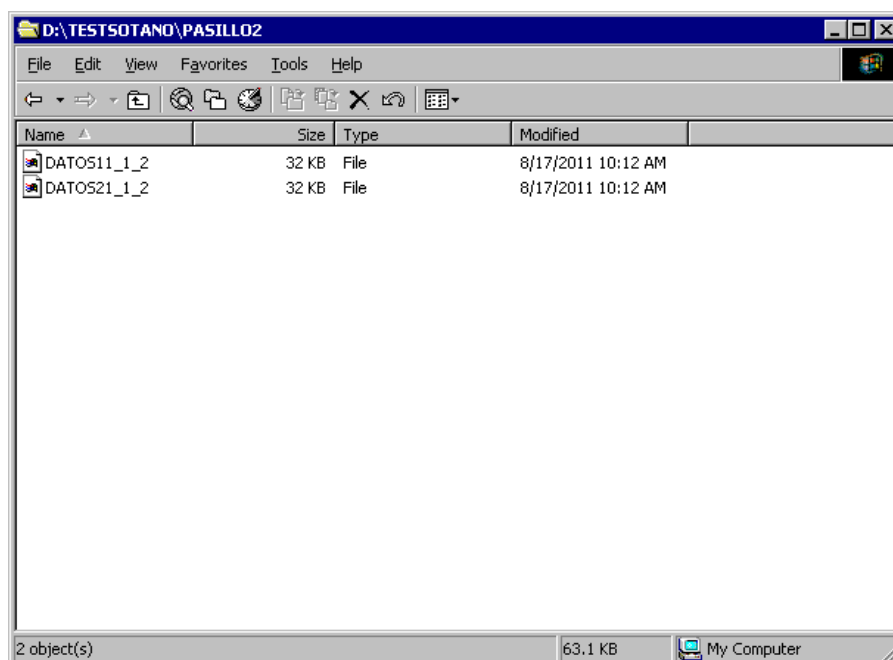


Figura 5.25. Medidas pasillo2

Para acabar, en cada archivo de medidas, como se puede observar, van incluidos en el nombre 4 dígitos. El primer dígito representa el receptor, el segundo dígito representa el transmisor, el tercer dígito representa el número de repetición, y el último indica la posición del punto con respecto a la secuencia.

De esta forma quedaría finalizada la explicación del software, y por ende, del proyecto.

Capítulo VI

Conclusiones y líneas futuras de trabajo



6.1 **CONCLUSIONES**

Después de meses de trabajo, se ha conseguido llevar a cabo el objetivo de este proyecto, obteniendo de esta forma un software que al fin haya aunado las características básicas de un SiG con las funcionalidades del software de medidas que ya existía.

Si bien nuestro software tiene un cierto margen de mejora, se han podido introducir una serie de funcionalidades que resultan muy útiles ya que vienen a facilitar el proceso de medida, eliminando una serie de factores que dificultaban sensiblemente la realización de campañas de medidas.

De forma somera, las funcionalidades principales nuevas que se han introducido con este software son:

- *Asociación automática de una campaña de medidas con una ruta definida*, la cual elimina la necesidad de ir anotando en papel datos tales como las coordenadas de los puntos, las asociaciones con las medidas hechas, etc.
- *Rutina de calibración guiada y automática*, la cual facilita y simplifica en buena medida el proceso de calibración de cables de antena, que puede llegar a ser complejo y engorroso cuando el número de antenas es alto.
- *Proceso de medidas guiado, detallado y ordenado*, mejorando la rutina de medidas anterior, ya que ahora, antes de realizar cualquier medición se muestran datos importantes con respecto al punto donde se va a medir, se pide autorización al usuario antes de la medición, y se guarda cada medición en carpetas separadas dependiendo del punto receptor de la ruta.

Gracias a estas características y a otros aspectos ya comentados sobre este software, hemos podido completar con éxito todos los aspectos problemáticos que se nos presentaban al principio de este proyecto (la integración del software, la necesidad de reunir funcionalidades tanto del SiG como del software de medidas, el crear una rutina de calibración propia, etc.).

En general se podría decir que no fue un desarrollo especialmente difícil, aunque desde luego no fue en absoluto sencillo, ya que existen algunos puntos realmente complejos como la rutina de calibración, la cual supuso muchas trabas, o el proceso guiado de medidas, entre otros aspectos.

En conclusión, este nuevo software tiene el potencial de poder resultar muy útil al personal de la UPCT a la hora de realizar campañas de medidas, ya que ahora quedarán todos los datos mucho más ordenados, centralizados y sistematizados, y se podrá efectuar con mucha más facilidad asociaciones de rutas con las medidas en sí.

6.2 LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Como ya hemos comentado, el software tiene un cierto margen de mejora, el cual se resume en una serie de posibles nuevas funcionalidades que procedemos a enumerar:

- *Posibilidad de enviar de forma automática la carpeta de medidas desde el ENA hasta el ordenador portátil*, ya que al realizar las medidas, la carpeta se queda almacenada en el ENA, teniendo que usar un disco extraíble para obtener los datos. Fue un aspecto que se investigó, pero no se llegó a dar con la manera de poder enviar carpetas enteras (ya que archivos sueltos sí se puede).
- *Opción de poder cargar el fichero **calibrado.sta** directamente desde el portátil*, ya que en el software no se ofrece la opción para ello, teniendo que usarlo directamente desde el ENA.
- *Testeo más intensivo*, ya que si bien se han realizado bastantes pruebas con este software, es bastante complicado tener en cuenta todos los escenarios, lo cual hace que sea conveniente testear más a fondo el software. Dicho esto, hay algunas opciones que se han comprobado en todos los escenarios posibles, como la rutina de calibración.
- *Poder enlazar el software con el analizador de las medidas*, ya que desde nuestro programa sólo se ofrece la posibilidad de abrir la carpeta donde se encuentran todas las medidas, para que el usuario sea libre de utilizarlas.

Capítulo VII

Bibliografía



- [1] <http://www.upct.es/sicomo/>
- [2] http://science.nature.nps.gov/nrgis/training/intro_arc9.aspx
- [3] Proyecto de final de carrera: *Software para la automatización de medidas de un sistema MIMO de banda ancha*, Rafael Antonio Lucas Ávila, 2005.
- [4] <http://www.vb6.us/>
- [5] blog.kowalczyk.info/software/sumatrapdf/
- [6] Proyecto de final de carrera: *Desarrollo e implementación de una aplicación para la gestión de una red de sensores conectada remotamente vía el sistema GSM-GPRS*, Concepción Pardo García, UPCT, 2007
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system
- [8] http://www.archive.org/stream/ManualEnEspaolArcgis9.1/Arcgis91-FundamentosDeArcgisTutorialDeLecturas_djvu.txt
- [9] *Using ArcGis Spatial Analyst*, Jill McCoy, Kevin Johnston, Environmental Systems Research Institute (Redlands, Calif.), Environmental Systems Research Institute, 2001
- [10] <http://es.wikipedia.org/wiki/Sig>
- [11] *What Is Arcgis 9.1*, ESRI Press, ESRI, 2005
- [12] *Getting started with ArcGIS*, Bob Booth, Andy Mitchell, Environmental Systems Research Institute (Redlands, Calif.), Environmental Systems Research Institute, 2001
- [13] *Exploring ArcObjects: Applications and Cartography*, ESRI, 2001
- [14] *Exploring ArcObjects Vol. II - Graphics Data Management*, Paperback, ESRI, 2001

- [15] *RADIOGIS: Herramienta para la realización de prácticas relacionadas con sistemas de radiocomunicaciones*. Rubén Ibernón Fernández, José M. Molina García-Pardo, José Víctor Rodríguez Rodríguez y Leandro Juan Llácer.
<http://www.upct.es/sicomo/indradiogis.php>
- [16] www.agilent.es
- [17] Proyecto de final de carrera: *Caracterización Experimental del Canal Radio a 2.4Ghz para Sistemas MIMO en Entornos Interiores*. Iván Castillo Olmo, 2006.
- [18] <http://en.wikipedia.org/wiki/GPIB>
- [19] <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsx?ckey=1985909&id=1985909&nid=-34466.977662.00&cmpid=zzfindiosuite&lc=eng&cc=ES>
- [20] http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic-link_library
- [21] *Agilent E5070B/E5071B ENA Series RF Network Analyzers VBA Programmer's Guide*, Agilent Technologies, 2007
- [22] *Agilent E5070B/E5071B ENA Series RF Network Analyzers Programmer's Guide*, Agilent Technologies, 2007
- [23] Proyecto de final de carrera: *Desarrollo e implementación de una aplicación para la gestión de una red de sensores conectada remotamente vía el sistema GSM-GPRS*, Concepción García Pardo, 2007.
- [24] <http://www.vizacc.com>

Anexo I

Ayuda



En este anexo vamos a explicar brevemente el fichero de ayuda incluido con el software de este proyecto.

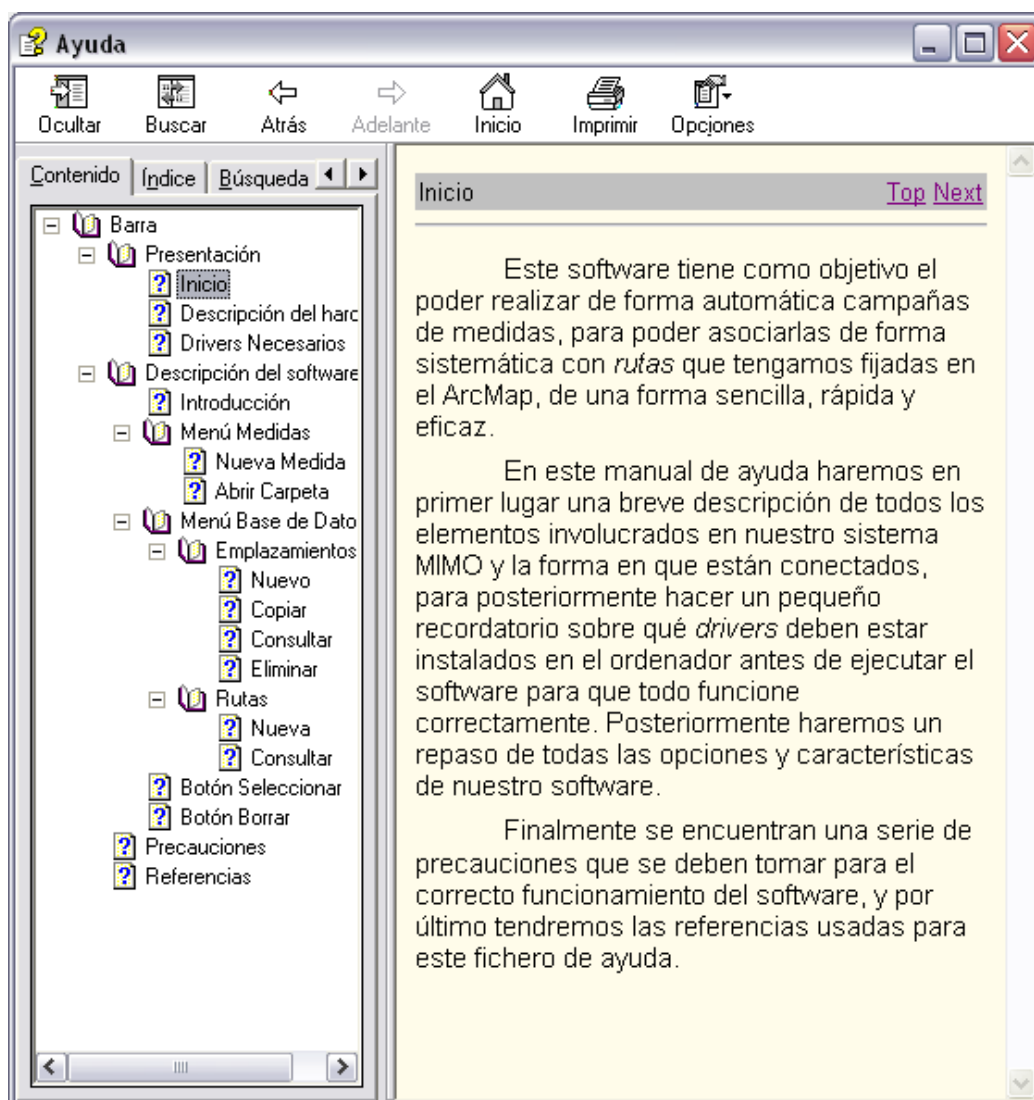


Figura Anexo 1.1

En nuestro fichero de ayuda se explica de una forma más resumida todas las funcionalidades del software, las cuales se explican con detalle en el **capítulo IV**. El fichero posee la misma jerarquía que en dicho capítulo, separando las explicaciones entre *Menú Medidas*, *Menú Base de Datos*, y *Menú Rutas*. También se recogen de manera somera los dos botones adicionales de nuestra barra de herramientas (*Seleccionar* y *Borrar*). Finalmente, se comentan una serie de precauciones que son importantes de tener en cuenta, ya que si no se respetan en su totalidad pueden existir problemas en el funcionamiento del software.

Para acceder al fichero el usuario simplemente debe pulsar la opción de *Ayuda* en la barra de herramientas principal de nuestro software. Al pulsar el botón se mostrará la ventana que se muestra en la página anterior. Una vez abierto el fichero, el usuario simplemente debe pulsar sobre los títulos de los apartados y subapartados de la ayuda para poder acceder a cada explicación.

Si bien la ayuda proporciona información suficiente como para poder entender el funcionamiento del software, es recomendable recurrir a este documento para poder encontrar información más detallada en caso de que el usuario requiera una explicación más profunda sobre algún aspecto en concreto.

Por último, cabe destacar que la ayuda fue realizada con el software *HelpMaker 7.4* [24].